



# PROSEDING

## SEMINAR NASIONAL

### MASYARAKAT PENELITI KAYU INDONESIA XX

*“KELESTARIAN HUTAN DAN PRODUK HASIL HUTAN  
UNTUK PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN”*

Denpasar, 25 September 2017



Diselenggarakan Oleh:

Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada  
Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia



# **PROSEDING**

## **SEMINAR NASIONAL MASYARAKAT PENELITI KAYU INDONESIA XX**

***“KELESTARIAN HUTAN DAN PRODUK HASIL HUTAN UNTUK  
PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN”***

**Denpasar, 25 September 2017**

**Editor**

**Dr. Tomy Listyanto (UGM)**

**Prof. Dr. Musrizal Muin (UNHAS)**

**Prof. Dr. Imam Wahyudi (IPB)**

**Dr. Krisdianto (FORDA)**

**Diselenggarakan Oleh:**

**Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada**

**Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia**

Prosiding seminar Nasional Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia XX  
***“Kelestarian Hutan dan Produk Hasil Hutan Untuk Pembangunan Berkelanjutan”***  
Denpasar, 25 September 2017  
Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia  
Fakultas Kehutanan, Universitas Gajah Mada

Susunan Panitia Seminar Nasional MAPEKI XX

**Panitia Pengarah:**

1. Dr. Joko Sulistyono
2. Prof. Dr. Sri Nugroho Marsoem
3. Prof. Dr. T.A Prayitno.
4. Prof. Dr. Yusuf Sudohadi
5. Prof. Dr. Yusram Massijaya
6. Prof. Dr. Anita Firmanti
7. Dr. Wahyu Dwianto
8. Dr. Budiadi
9. Dr. Ganis Lukmandaru

**Panitia**

Ketua: : Dr. Tomy Listyanto  
Sekretaris : Dr. Denny Irawati  
Bendahara : Dr. Rini Pujiarti  
Acara : Dr. Muhammad Navis R Dr. Sigit Sunarta  
Dr. Ragil Widyorini Harry Praptoyo, M.P.  
Oka Karyanto, M.Sc Dr. Fanny Hidayati  
Dr. Y. Suranto Dr. Widyanto Dwi Nugroho  
Dr. J.P. Gentur Sutapa Annisa Primaningtyas, M.Eng.  
Kesekretariatan : Anindya Husnul H. Hyana Swargani  
Andhika Ibnu Sina M. Aulia Umar  
David Usman Naresvara Nircela P.  
Dipta Dwi Pratiwi Novita R.  
Emmanuelle Gita Sri Dewi Dyah  
Erliana Chandra R. Yudha Darmawan  
Ersadarita Sembiring Hanan Purana Putra  
Esther Dyah Arif Munandar, S.Sos  
Fuad Sumantri  
ISBN : 978-979-3178-15-8  
Diterbitkan oleh : Fakultas Kehutanan, Universitas Gajah Mada  
Bekerjasama dengan Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia  
Cetakan Pertama : Oktober 2018

## KATA PENGANTAR

Seminar Nasional MAPEKI XX dilaksanakan di Denpasar pada tanggal 25 September 2017. Tema Seminar Mapeki XX adalah “**Kelestarian Hutan dan Produk Hasil Hutan untuk Pembangunan Berkelanjutan**”. Peserta mempresentasikan berbagai makalah dalam hal peran ilmu kayu dan hasil hutan dalam pembangunan Indonesia. Acara Seminar MAPEKI XX memberikan kesempatan bagi para peneliti untuk diskusi dan bertukar ide, melakukan kerjasama dan membentuk jaringan.

Pembicara kunci untuk Seminar MAPEKI XX adalah 3 orang ahli di bidang birokrasi, keilmuan, dan bisnis di bidang kehutanan dan hasil hutan. Peserta MAPEKI XX sebanyak 112 orang yang termasuk peneliti, pihak industri hasil hutan, dan instansi pemerintah dari seluruh Indonesia.

Seminar MAPEKI XX diselenggarakan di Denpasar, Bali berurutan dengan penyelenggaraan 3 seminar Internasional yaitu 9<sup>th</sup> PRWAC, Annual Meeting IAWS, dan 9<sup>th</sup> International Symposium of IWORS. Bali terkenal sebagai tempat tujuan wisata di Indonesia dengan pemandangan yang indah. Peserta seminar memiliki kesempatan untuk menikmati kekayaan budaya dan sejarah masyarakat lokal yang ada di Bali.

Keberhasilan seminar sampai terbitnya Proseding ini tidak mungkin lepas dari dedikasi kerja banyak pihak. Kami berterima kasih kepada seluruh panitia atas kerja keras dan kerjasamanya. Dukungan finansial juga sangat penting dalam acara seminar ini dan diucapkan banyak terimakasih kepada beberapa perusahaan dan instansi yang menjadi sponsor dalam acara Seminar MAPEKI XX.

Hormat kami,

Yogyakarta, Oktober 2018

Tomy Listyanto, Ph.D

Ketua Seminar MAPEKI XX

# DAFTAR ISI

Susunan Panitia Seminar Nasional MAPEKI XX.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
<b>PRESENTASI ORAL</b>	
Kondisi Optimum Pengolahan Pulp Kayu Geronggang ( <i>Cratoxylon arborescens</i> ) <i>Yeni Aprianis &amp; Opik Taupik Akbar</i> .....	1
Biodeteriorasi dan Efisiensi Konversi Biologi Serbuk Gergajian Kayu Mangium oleh Tigabelas Jamur Pelapuk <i>Sihati Suprapti &amp; Djarwanto</i> .....	8
Pembuatan Bioetanol dari Tepung Sagu Aren ( <i>Arenga pinnata</i> ) dan Kirai ( <i>Metroxylon rumphii</i> ) Menggunakan Ragi Tradisional <i>Djarwanto &amp; Totok Kartono Waluyo</i> .....	22
Penapisan dan Uji Ekstrak Daun Tumih ( <i>Combretocarpus rotundatus</i> (Miq.) Danser) terhadap Aktivitas Larvasida Nyamuk <i>Aedes Aegypti</i> <i>Renhart Jemi, Royda Dara, Ertini Damanik, &amp; Lies Indrayanti</i> .....	30
Teknik Pemisahan Getah Pinus Hasil Sadapan Metode Bor <i>Sukadaryati, Novinci Muharani</i> .....	38
Rekayasa Mesin Uji Tekuk Bambu Batang Panjang <i>Krisna Purnama, Sucahyo Sadiyo, Lina Karlinasari, &amp; Effendi Tri Bahtiar</i> .....	49
Karakteristik Papan Partikel dari Alang-Alang dengan Variasi Ukuran Partikel dan Kadar Perekat Isosianat <i>Firda Aulya Syamani, Rahmat Husain Dalle, &amp; Subyakto</i> .....	61
Pemanfaatan Abu Sekam Padi sebagai Bahan Substitusi dalam Pembuatan Agregat Ringan <i>Lasino</i> .....	74
Ketahanan Bebak Gewang Sebagai Komponen Rumah Masyarakat Nusa Tenggara Timur Terhadap Serangan Rayap Tanah <i>Sigit Baktya Prabawa</i> .....	87
Catatan Satu Dekade Hasil Uji Identifikasi Kayu Laboratorium Anatomi Tumbuhan, Puslitbang Hasil Hutan <i>Listya Mustika Dewi, Ratih Damayanti, Andianto, Krisdianto, &amp; Tutiana</i> .....	94
Sifat Fisika dan Mekanika Kayu Jati ( <i>Tectona grandis</i> Linn.f.) Sumbawa Barat Berdasarkan Arah Radial dan Aksial <i>Febriana Tri Wulandari, Dwi Sukma Rini, Fandi Wijaya, &amp; Agung Faisal Ardiansyah</i> .....	110

Pendugaan Karakteristik Bambu Kuning ( <i>Bambusa vulgaris var. Striata</i> ) dengan Metode Flat Ring Flexure Test <i>Riris Wijayanti Putri, Naresworo Nugroho, Effendi Tri Bahtiar, &amp; Shawn L Platt</i> .....	119
Pengaruh Pohon Induk dan Posisi Sampel pada Batang Pohon terhadap Beberapa Sifat Fisis Mangium ( <i>Acacia mangium Willd</i> ) Usia 4 Tahun <i>Karnita Yuniarti</i> .....	135
Fosil Kayu <i>Dryobalanoxylon</i> sp. pada Formasi Genteng di Kabupaten Lebak, Provinsi Banten, Indonesia <i>Hanny Oktariani, Winantris, &amp; Lili Fauzielly</i> .....	143
Analisis Kuat Tumpu dan Kuat Leleh Lentur Baut pada Tiga Jenis Kayu Indonesia <i>Sucahyo Sadiyo &amp; Yaniyar</i> .....	152
Keragaman Flora dan Makro Fauna Tanah pada Hutan Tanaman <i>Eucalyptus pellita</i> di PT. Arara Abadi - Riau <i>Agus Wahyudi</i> .....	165
Karakteristik Pelepasan Spora <i>Ganoderma applanatum</i> <i>Ira Taskirawati</i> .....	180

## PRESENTASI POSTER

Pemanfaatan Bagas Sorgum untuk Papan Partikel dengan Perak Isosianat: Pengaruh Suhu Kempa dan Ukuran Partikel <i>Kurnia Wiji Prasetyo, Firda Aulya Syamani, Gina Bahtiar, &amp; Suryo Prabowo</i> .....	189
Rendemen dan Sifat Pengerjaan Kayu Jati ( <i>Tectona grandis</i> L. F.) Hutan Rakyat Umur 10 Tahun dan 15 Tahun <i>Aditya Darmawan Sinatrya &amp; Tomy Listyanto</i> .....	196
Model Kualitas Tempat Tumbuh dan Pertumbuhan Tanaman <i>Acacia crasicarpa</i> di Lahan Gambut, Riau <i>Agus Wahyudi</i> .....	208
Pemanfaatan Limbah Serbuk Tiga Jenis Kayu Sebagai Bahan Baku Etanol Menggunakan Hidrolisis Asam <i>Denny Irawati</i> .....	217
Pengaruh Penambahan Antrakinon terhadap Sifat Pulp dan Lindi Hitam Proses Sulfat pada Kayu Karet <i>Ganis Lukmandaru</i> .....	226
Keanekaragaman Jenis dan Potensi Serapan Karbon di Areal PT. Sarpatim Kalimantan Tengah <i>Herianto, Zaenal Kusuma, Ellis Nihayati, &amp; Cahyo Prayogo</i> .....	234
Dimensi Serat dan Nilai Turunannya Pada Kayu Jabon Jawa dan Jabon Sumatera <i>Kanti Dewi Rizqiani &amp; Yeni Aprianis</i> .....	250
Sifat Papan Partikel Bambu dengan Perak Asam Sitrat-Sukrosa <i>Ragil Widyorini, Alexius Narendro Wicaksono, &amp; Tibertius Agus Prayitno</i> .....	256

Pengaruh Umur Pohon, Bonita, dan Posisi Aksial Batang terhadap Sifat Pemboran Kayu Jati Sebagai Bahan Mebel <i>Yustinus Suranto, TA Prayitno, Djoko Marsono, &amp; J. Pramana Gentur Sutapa</i> .....	264
Pembuatan Furnitur Terro Table dari Kayu Tengkawang ( <i>Shorea macrophylla</i> ) sebagai Alternatif Pengganti Kayu Ramin <i>Panji P. Saktianggi, Vendy E. Prasetyo, Ganis Lukmandaru, Oka Karyanto, Joko Sulisty, Ragil Widyorini, Ign. Adhitjahjo L.M., G.A. Wibowo, Kasmujiono, &amp; Saminto</i> .....	275
Daftar Peserta MAPEKI .....	282
Index Penulis.....	288

# **PRESENTASI ORAL**



# Kondisi Optimum Pengolahan Pulp Kayu Geronggang (*Cratoxylum arborescens*)

Yeni Aprianis & Opik Taupik Akbar

Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Serat Tanaman Hutan

E-mail: [yennie\\_dy@yahoo.co.id](mailto:yennie_dy@yahoo.co.id)

## ABSTRAK

Geronggang (*Cratoxylum arborescens*) merupakan salah satu jenis kayu lokal di lahan gambut Riau yang memiliki potensi sebagai bahan baku pulp. Penelitian ini bertujuan mengetahui kondisi optimum pengolahan pulp kraft kayu geronggang. Geronggang diperoleh di hutan sekunder di Kabupaten Bengkalis. Sifat pengolahan pulp kraft yang diamati adalah rendemen pulp dan bilangan kappa. Kondisi pengolahan menggunakan alkali aktif 14, 16, dan 18% dengan sulfiditas 22, 25, dan 28%. Kondisi optimum pemasakan pulp diperoleh pada kondisi alkali aktif 18 % dengan sulfiditas 25%. Kondisi tersebut menghasilkan rendemen dan bilangan kappa berturut-turut adalah 46,75% dan 20.05.

**Kata kunci:** bilangan kappa, geronggang, kraft, rendemen pulp

## Pendahuluan

Dewasa ini pencarian jenis kayu alternatif pulp dilahan gambut sudah banyak dilakukan, salah satu jenis kayunya adalah geronggang (*Cratoxylum arborescens*). Pemilihan geronggang ini disebabkan oleh sifat kayu yang cocok sebagai bahan baku pulp. Berdasarkan kenyataan ini maka pengembangan geronggang telah dilakukan. Perusahaan HTI (Hutan tanaman industri) Riau melakukan penanaman geronggang dan BP2TSTH telah membuat plot tanaman geronggang di Lubuak Ogung, Pelalawan (Riau).

Hasil kajian geronggang sebagai baku pulp sudah dilakukan beberapa peneliti (Junaedi & Aprianis 2010; Rinanda et al. (2012); Suhartati et al. (2012)). Dalam penelitian tersebut disebutkan bahwa kisaran kandungan selulosa dan lignin berturut-turut adalah 51,21-53,10% dan 22,20-30,60%, serta termasuk kualitas serat I. Namun belum dijelaskan kondisi pemasakan yang optimum untuk menghasilkan rendemen pulp dengan sesuai bilangan Kappa yang diinginkan. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui informasi kondisi optimum sifat bahan baku dan pulp dari geronggang alam.

## Bahan dan Metode

### Tempat dan Waktu Penelitian

Pengambilan sampel dilakukan di Hutan Rakyat Desa Ketam Putih, Kabupaten Bengkalis, Riau. Proses persiapan sampel dilakukan di Laboratorium Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Serat Tanaman Hutan (BP2TSTH), proses pemasakan pulp dilakukan di laboratorium Hasil Hutan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan (Puslitbang Hasil Hutan) – Bogor, dan analisa kandungan lignin dalam pulp dilakukan di Laboratorium Kimia Hasil Hutan,

Departemen Hasil Hutan IPB. Kegiatan penelitian dilakukan pada bulan Agustus s.d November 2015.

## **Bahan dan alat**

Bahan baku yang digunakan adalah geronggang, sedangkan bahan kimia yang digunakan adalah: Natrium hidroksida (NaOH), Natrium sulfida ( $\text{Na}_2\text{S}$ ), aquades, Kalium permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ), KI (Kalium iodida), indikator kanji, Natrium sulfit ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ), Etanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ). Peralatan yang digunakan antara lain : *chipper*, *digester*, disintegrator, pulp screener, centrifuge, timbangan, open, bak pencuci dan peralatan pengujian kadar lignin pulp.

## **Metode Penelitian**

### *Persiapan bahan baku*

Batang kayu geronggang dipilih, lurus dan tidak terserang penyakit. Kayu ditebang sekitar 5 cm dari permukaan tanah sampai tinggi bebas cabang. Potongan kayu diambil mewakili bagian pangkal, tengah dan ujung bebas cabang. Log kayu dipotong, dibuang kulitnya dan dibelah untuk dimasukkan ke dalam mesin *chipper* sehingga menghasilkan serpih berukuran  $\pm 3 \times 3 \times 0,2$  cm. Serpih kemudian disortir dari mata kayu dan dikeringkan sampai kadar air 10%-12%.

### *Pengolahan pulp*

Pemasakan pulp dilakukan secara kraft, sampel serpih diperoleh secara acak dari bagian batang geronggang, kondisi pemasakan menggunakan alkali aktif 14, 16, dan 18%, dengan sulfiditas 22, 25, dan 28%. Perbandingan serpih dengan larutan pemasak (1:4). Pemasakan dilakukan selama 90 menit pada suhu 165°C. Sampel dicuci, disaring, dikeringkan, serta ditentukan rendemen pulp, *reject*, bilangan kappa, dan kandungan lignin pulp.

### *Analisa Bilangan Kappa*

Analisa bilangan Kappa menggunakan standar SNI 0494-2008

### *Analisa Lignin Pulp*

Analisa kandungan lignin menggunakan standar SNI 0492-2008

### *Analisa Data*

Analisa data dilakukan dengan membandingkan nilai rerata pengukuran rendemen pulp, pulp *reject*, bilangan kappa, dan kandungan lignin pulp.

## **Hasil dan Pembahasan**

Sifat pengolahan pulp geronggang dalam penelitian ini meliputi: rendemen pulp, bilangan kappa, dan kandungan lignin pada pulp. Rendemen pulp merupakan salah satu faktor utama terpilihnya suatu jenis pohon sebagai bahan baku pulp selain kerapatan kayu. Nilai rendemen

pulp akan mempengaruhi tingkat produktivitas pulp dan dapat mengetahui jumlah bahan baku yang dibutuhkan untuk menghasilkan pulp. Hal tersebut nantinya akan dikaitkan dengan *Mean Annual Increment* (MAI) dan *Current Annual Increment* (CAI) jenis kayu tersebut sehingga dapat diprediksi produktivitas pulp yang dihasilkan dalam satu luasan tertentu.

Rendemen pulp skala komersial biasanya berkisar antara 40-55% (Karlsson et al. 2006). Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen pulp berkisar antara 42-49%, dengan *reject* hampir tidak ada (< 1%). Rendemen pulp geronggang yang dihasilkan masih dalam skala komersial dan pemasakan pulp sudah sempurna karena semua chips sudah terurai menjadi pulp. Tabel 1 menyajikan data variasi rendemen pulp yang dihasilkan dengan perbedaan alkali aktif dan sulfiditas. Penggunaan konsentrasi bahan pemasak yang berbeda menghasilkan rendemen pulp yang dihasilkan pula.

**Tabel 1.** Rendemen, reject, bilangan kappa, dan kadar lignin pulp geronggang

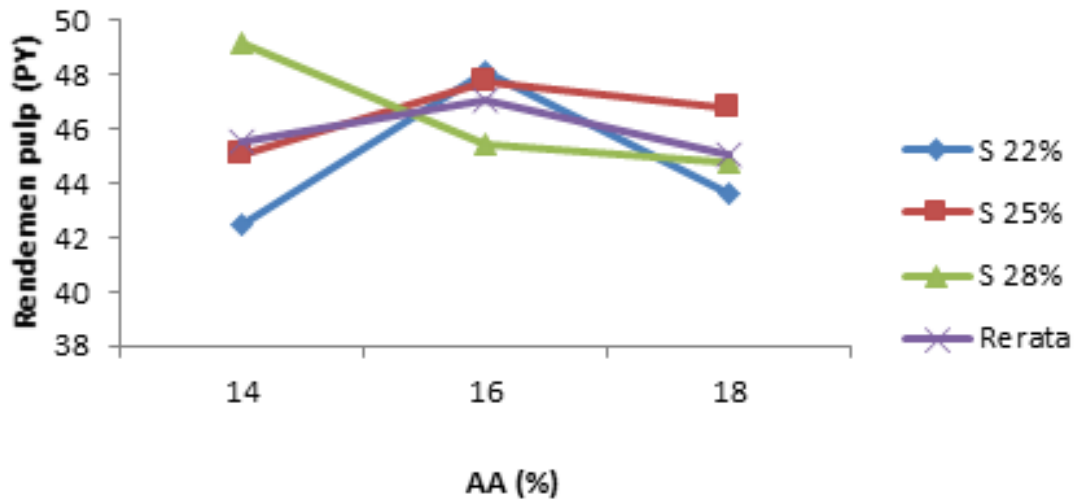
Alkali aktif (%)	Sulfiditas (%)	Rendemen pulp (%)		Reject pulp (%)		Bilangan kappa		Kadar lignin (%)	
		Rerata	SD	Rerata	SD	Rerata	SD	Rerata	SD
14	22	42,50	3,45	0,35	0,50	30,19	2,76	5,40	0,40
	25	45,04	0,93	0,51	0,19	29,21	0,36	3,87	0,64
	28	49,15	4,21	0,55	0,09	24,96	0,00	6,11	0,01
	Rerata	45,56	2,86	0,47	0,26	28,12	1,04	5,13	0,35
16	22	48,07	0,53	0,78	0,02	26,53	0,22	3,55	0,25
	25	47,70	2,66	0,20	0,28	25,07	4,48	5,04	0,13
	28	45,43	0,18	0,22	0,22	25,95	0,04	8,10	0,17
	Rerata	47,07	1,12	0,40	0,17	25,85	1,58	5,56	0,18
18	22	43,67	1,51	0,00	0,00	19,03	0,00	6,60	0,13
	25	46,75	0,92	0,02	0,03	20,05	0,30	7,21	0,26
	28	44,80	1,36	0,00	0,00	20,72	1,06	7,08	0,16
	Rerata	45,07	1,26	0,01	0,01	19,93	0,45	6,96	0,18

Sumber : Olahan data primer 2015

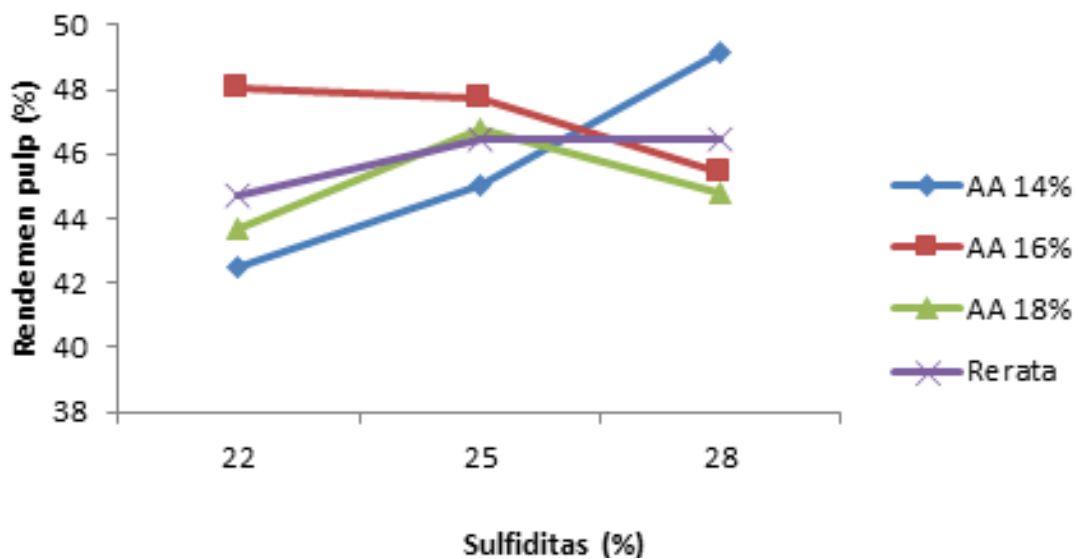
Penggunaan konsentrasi alkali aktif 14 dan sulfiditas 28 menghasilkan rendemen pulp paling tinggi (49,15%). Sedangkan rendemen paling rendah terjadi pada penggunaan konsentrasi alkali aktif 14% dan sulfiditas 22% yaitu 42,50%. Dari data rendemen pulp dapat dilihat bahwa hanya 4 dari 9 sampel yang memiliki standar deviasi di bawah 1%. Hal tersebut menunjukkan bahwa variasi rendemen pulp sangat tinggi. Bahkan dengan kondisi pemasakan yang sama, hasil rendemen masih dapat berbeda. Hal tersebut terjadi karena kayu memiliki sifat yang sangat kompleks dan beragam yang dihasilkan dari suatu mikroorganisme hidup.

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa pada sulfiditas 22 dan 25%, kenaikan AA dari 14 ke 16% dapat meningkatkan rendemen pulp, tapi dari 16 ke 18%, rendemen pulp justru cenderung menurun. Hal tersebut sama menurut Fitriani dan Risanto (2011) yang menyatakan bahwa pada sulfiditas yang sama (20 dan 25%), konsentrasi alkali yang lebih tinggi (AA 20%) menghasilkan rendemen pulp yang lebih rendah (AA 16%). Hal tersebut dapat terjadi karena dalam proses delignifikasi pada pros kraft, ion hidrosulfida (HS-) & sulfida selektif dalam mempertahankan selulosa dibandingkan NaOH dan fungsi utamanya sebagai katalis yang tidak mengonsumsi

atau banyak mentransformasi. Selama pemasakan, hemiselulosa (50%) dan beberapa selulosa (10%) juga diserang oleh ion OH<sup>-</sup> dan HS<sup>-</sup> dalam delignifikasi dan fragmentasi lignin. Hal tersebut dapat menyebabkan terjadinya penurunan rendemen pulp (Smook 1992).



**Gambar 1.** Pengaruh perubahan alkali aktif terhadap rendemen pulp.



**Gambar 2.** Pengaruh perubahan sulfiditas terhadap rendemen pulp

Pada konsentrasi AA 14%, peningkatan sulfiditas sejalan dengan peningkatan rendemen pulp. Nilai rendemen pulp pada sulfiditas 22, 25, dan 28% adalah 42,5; 45,04; dan 49,15% berturut-turut. Namun pada AA 16%, peningkatan nilai sulfiditas malah menurunkan nilai rendemen pulp. Nilai rendemen pulp pada AA 16% dengan sulfiditas 22, 25, dan 28% adalah 48,07; 47,70; 45,43%. Pada AA 18%, nilai rendemen pulp fluktuatif.

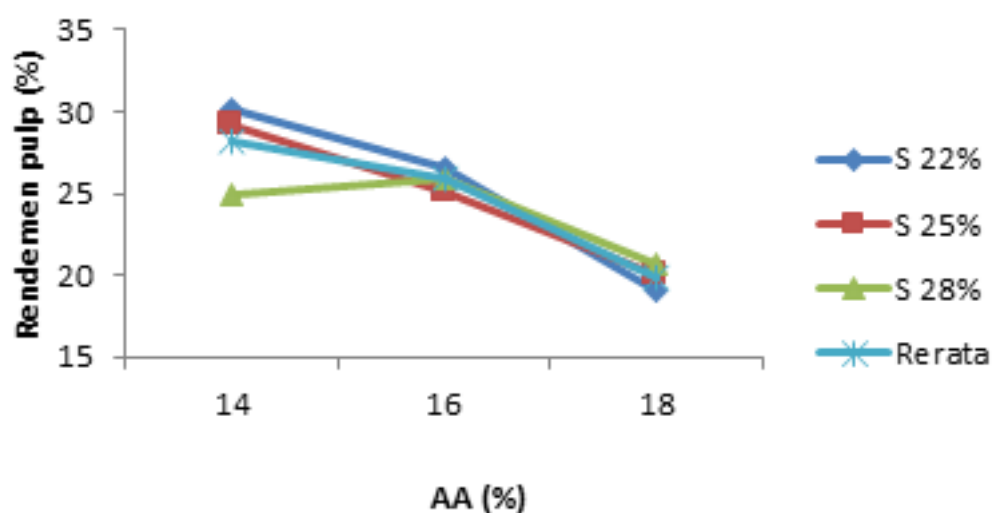
Bilangan kappa didefinisikan seberapa banyak larutan permanganat yang digunakan 1 g pulp selama 10 menit dalam suhu 25°C (Walker 2006). Bilangan kappa secara umum menunjukkan banyaknya lignin yang tersisa dalam pulp setelah proses pulping dan tahapan pengelantangan pulp. Tujuan dari bilangan kappa adalah untuk mengetahui seberapa besar bahan kimia yang digunakan untuk pemutihan. Pulp dengan derajat kematangan yang baik

akan memberikan nilai bilangan kappa yang rendah dalam pengujiannya (Fengel & Wegener 1995). Bilangan kappa geronggang alam dapat diturunkan dengan menurunkan konsentrasi sulfiditas dan menaikkan alkali aktif. Bilangan kappa pada penelitian ini berkisar 19,03-30,19.

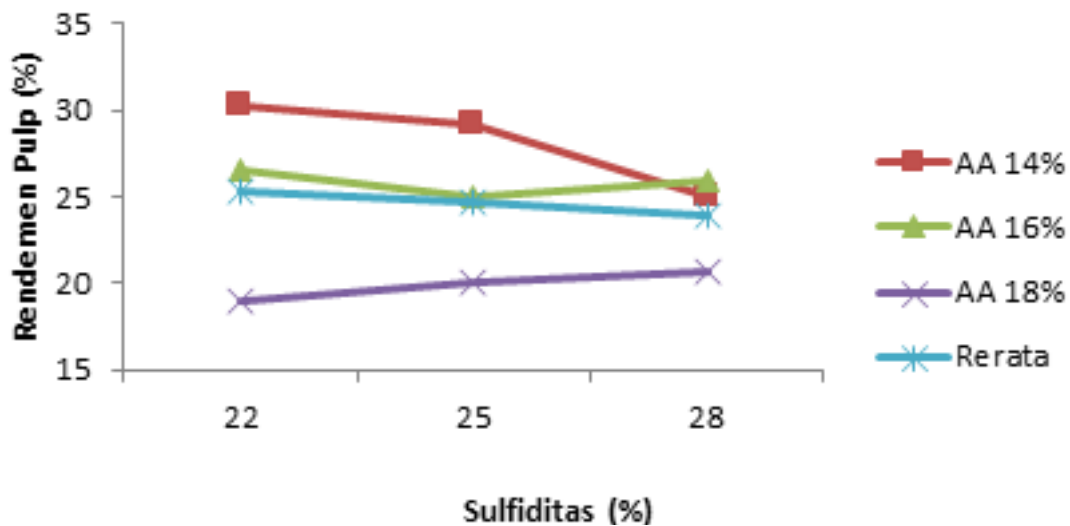
Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa hampir seluruh data menunjukkan bahwa peningkatan nilai alkali dapat menurunkan nilai bilangan kappa. Namun pada alkali 14 dan 16%, bilangan kappa masih sangat tinggi, yaitu lebih dari 24%. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun kondisi pemasakan dengan alkali lebih rendah (14 dan 16%) sudah dapat menguraikan serpih menjadi pulp, namun bahan kimia pemasak tidak cukup berperan secara efektif dalam proses delignifikasi serpih kayu geronggang. Sehingga pada kondisi tersebut kondisi pemasakan belum cukup efektif.

Perubahan sulfiditas pada kondisi alkali aktif yang sama tidak menunjukkan tren yang sama. Pada AA 14%, nilai bilangan kappa menurun, pada AA 16% nilai bilangan kappa turun naik, dan pada AA 18%, nilai bilangan kappa naik. Namun hanya pada AA 18%, diperoleh bilangan yang ideal dengan kondisi pemasakan pulp yang diinginkan. Hal tersebut tidak sesuai dengan Rahmati et al. (2007) yang menyatakan bahwa efisiensi penghilangan lignin meningkat dengan meningkatnya sulfiditas. Sulfiditas optimum tergantung beberapa faktor, yaitu jenis kayu, konsentrasi alkali, suhu pemasakan, dan sifat akhir produk yang diharapkan. Untuk bahan baku pulp dan kertas biasanya dipilih kondisi optimum pemasakan dengan nilai bilangan kappa di bawah 20.

Dari Gambar 3 dan 4 dapat diketahui bahwa alkali aktif lebih berperan dalam perubahan bilangan kappa sedangkan perubahan sulfiditas tidak terlalu berpengaruh. Apabila dilihat dari nilai bilangan kappa, maka kondisi optimum pemasakan pulp diperoleh dengan menggunakan alkali aktif 18% karena pada kondisi tersebut memiliki nilai bilangan kappa paling mendekati kondisi pemasakan yang diinginkan dalam industri pulp yaitu berkisar antara 18-20%. Meskipun bilangan kappa terendah diperoleh dari sulfiditas 22% (rendemen 43,67%), namun apabila dilihat dari nilai rendemen pulp, maka sulfiditas 25% yang paling optimum menghasilkan rendemen pulp paling tinggi (46,75%).



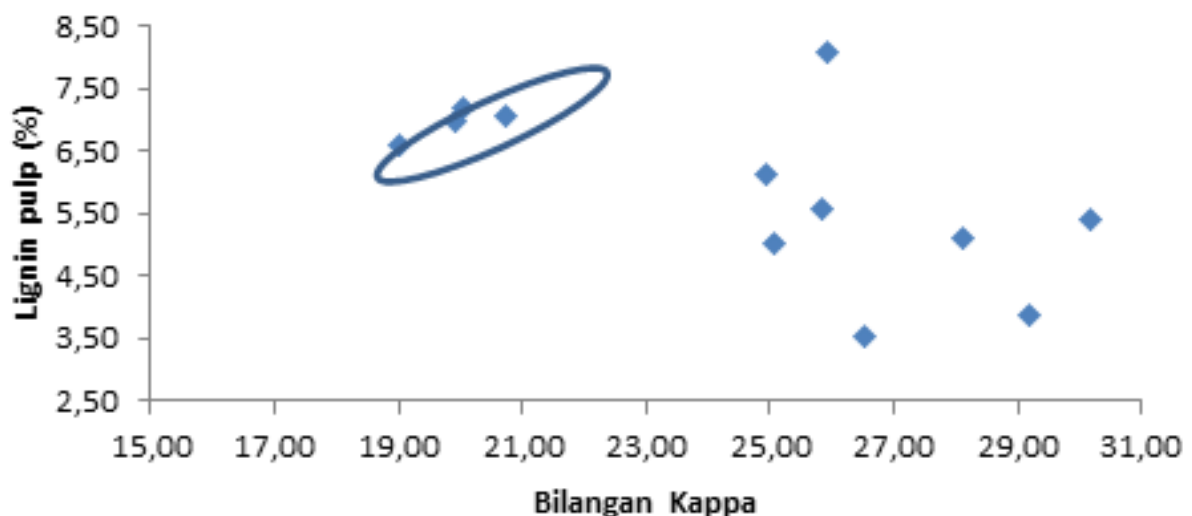
**Gambar 3.** Pengaruh perubahan alkali aktif terhadap bilangan kappa



**Gambar 4.** Pengaruh perubahan sulfiditas terhadap bilangan kappa.

Klason lignin merupakan fungsi dari bilangan kappa pulp, di mana bilangan kappa yang tinggi mencerminkan kandungan lignin yang tersisa yang relatif masih tinggi dalam pulp dibandingkan dengan kondisi sebaliknya. Bilangan kappa juga dapat dijadikan sebagai alat untuk membandingkan kandungan lignin yang tersisa dalam pulp. Keberadaan lignin yang tinggi pada pulp kurang disukai dalam pembuatan kertas karena pengaruhnya kurang menguntungkan. Lignin yang tersisa dalam pulp menyebabkan serat menjadi kaku dan sulit untuk digiling (Casey 1980). Selain itu, lembaran pulp yang dihasilkan dari pulp dengan kandungan lignin yang masih tinggi akan menyebabkan sifat kekuatan pulp rendah karena akan mengakibatkan kekakuan serat yang tinggi dan membentuk lembaran yang kasar dan tebal (Bowyer et al. 2007).

Beberapa penelitian di Indonesia menghitung kembali kadar lignin yang terkandung dalam pulp untuk membuktikan hubungan antara bilangan kappa dengan kandungan lignin yang masih tersisa. Namun dalam penelitian ini, kami tidak bisa membuktikan teori tersebut (Gambar 5).



**Gambar 5.** Hubungan bilangan kappa terhadap kadar lignin pulp.

## **Kesimpulan**

Peningkatan nilai alkali aktif dapat menurunkan rendemen pulp dan menurunkan bilangan kappa. Nilai rendemen yang tinggi tidak sepenuhnya menunjukkan kondisi optimum pemasakan karena nilai bilangan kappa juga menjadi salah satu kriteria yang dibutuhkan untuk proses selanjutnya. Kondisi optimum pemasakan pulp diperoleh pada kondisi alkali aktif 18 % dengan sulfiditas 25%. Kondisi tersebut menghasilkan rendemen dan bilangan kappa berturut-turut adalah 46,75% dan 20,05%.

## **Ucapan Terima Kasih**

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Ir. R. Gunawan Hadi Rahmanto, M.Si selaku kepala Balai BP2TSTH yang sudah membantu kelancaran kegiatan penelitian.

## **Daftar Pustaka**

- Badan Standarisasi Nasional. 2008. Standar Nasional Indonesia (SNI) 0492-2008 Pulp dan kayu-Cara uji kadar lignin (Metode Klason). Jakarta.
- \_\_\_\_. 2008. Standar Nasional Indonesia (SNI) 0494-2008 Pulp – Cara uji bilangan kappa. Jakarta
- Bowyer JL, Shmulsky R, Haygreen JG. 2007. Forest product and wood science an introduction fifth edition. Blackwell Publishing, Oxford.
- Casey JP. 1980. Pulp and paper chemistry and chemical technology vol.II. Interscience Publishing Inc., New York.
- Fengel D, Wegener G. 1995. Kimia, ultrastruktur, reaksi-reaksi kayu. Yogyakarta: Gadjah Mada Univ

# Biodeteriorasi dan Efisiensi Konversi Biologi Serbuk Gergajian Kayu Mangium oleh Tigabelas Jamur Pelapuk

Sihati Suprapti & Djarwanto

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan,  
Bogor

Email: [sihatisuprapti@yahoo.com](mailto:sihatisuprapti@yahoo.com) dan [djarwanto2006@yahoo.com](mailto:djarwanto2006@yahoo.com)

## ABSTRAK

Kayu mangium (*Acacia mangium*) merupakan salah satu jenis pohon cepat tumbuh di hutan tanaman. Pengolahan kayu yang belum efisien menghasilkan limbah berupa serbuk gergaji. Untuk memperkecil dampak lingkungan limbah tersebut maka diusahakan alternatif pemanfaatannya menggunakan jamur pelapuk kayu. Sebelum diinokulasi jamur, ke dalam serbuk gergaji ditambahkan dedak 15,0%, kapur 2,0%, gipsum 0,5%, urea 0,5%, atau trisuperfosfat 0,5%, serta air suling secukupnya, lalu disterilkan dengan autoklaf. Hasilnya menunjukkan bahwa pengurangan beratnya berkisar antara 1,99-2,63% dalam waktu 4 minggu. Pengurangan berat yang tinggi dijumpai oleh aktivitas *Poria cocos*, *Hericium erinaceus*. Rata-rata nilai efisiensi konversi biologi (EKB) serbuk gergaji mangium menjadi biomasa jamur adalah 48,55% (*Pleurotus florida*), 46,59% (*Hypsizygus ulmarius*), 38,58% (*P. flabellatus*), 38,19% (*P. citrinopileatus*), 29% (*Clitocybe maxima*), dan 28,56% (*Auricularia polytricha*).

**Kata kunci:** efisiensi konversi biologi, jamur pelapuk, mangium, pengurangan berat, serbuk gergaji

## Pendahuluan

Di Indonesia, kayu mangium (*Acacia mangium*) merupakan jenis pohon cepat tumbuh, yang dikembangkan sebagai pohon hutan tanaman. Di dalam pengolahan, kayu mangium tersebut dapat digunakan untuk bahan kayu konstruksi, mebel, pulp dan barang kerajinan (Rahman dan Hadjib, 2008; Djarwanto et al., 2016). Apabila pengolahan kayunya kurang efisien memungkinkan timbulnya limbah. Limbah pengolahan kayu (*sawmilling waste*) di pabrik berkisar antara 40-60% dolok kayu, yang terdiri dari serbuk gergaji dan simpiran (Rahman et al., 1988 dalam Djarwanto et al. 2016). Guna mengantisipasi dampak negatif terhadap lingkungan (teknologi bersih lingkungan) akibat adanya limbah yang volumenya makin bertambah besar serta dalam rangka efisiensi sumberdaya, maka diusahakan alternatif pengolahannya. Inokulasi atau penularan jamur pelapuk kayu yang dapat dimakan ke dalam limbah kayu tersebut diharapkan memberikan nilai tambah berupa biomassa tumbuhan yakni tubuh buah jamur yang dapat dimakan, dan mempercepat proses perombakan (biodegradasi) serbuk gergaji kayu menjadi kompos, yang dapat digunakan kembali oleh tanaman sebagai hara. Salah satu usaha bersih lingkungan secara biologi menggunakan fungi atau jamur (*mushroom*) yang dikenal *mycoremediation*, yaitu penggunaan jamur untuk menghilangkan limbah dari lingkungan. Menegaskan peran jamur dalam bioremediasi limbah tersebut melalui proses biodegradasi, dan *bioconversion* (Kulshreshtha et al., 2014).

Tiga belas jamur yang digunakan termasuk kelompok jamur pangan sehingga selain mendegradasi limbah juga menghasilkan miselium atau tubuh buah sebagai sumber protein. Selain itu, jamur tersebut dapat berfungsi secara medis antara lain memiliki efek anti HIV, anti

tumor, antiviral, antioksidan, menurunkan kadar gula dan kolesterol; dan dapat mengatasi masalah kekurangan gizi, dan menurunkan tekanan darah (Colauto et al., 2011; Rozsa et al., 2016; Tangen et al., 2015; Chen et al., 2014; Svajger et al., 2011; Patel et al., 2012; Gregory et al., 2007; Medany, 2014; Shivashankar & Premkumari, 2014; Xie et al., 2016; Chang & Miles, 2004; Kamal et al., 2009). Efisiensi jamur memproduksi protein makanan berupa biomassa atau tubuh buah dari bermacam-macam limbah bergantung kepada kemampuannya mendegradasi limbah dengan berbagai enzim hidrolisa dan oksidasi (Kulshreshtha et al., 2014). Beberapa jenis jamur *Agaricus*, *Auricularia*, *Pleurotus* telah dimanfaatkan untuk bahan pangan atau sayuran, dan telah dijual di pasar tradisional di Indonesia. Jamur tersebut mengandung protein, lemak, karbohidrat, vitamin, dan mineral. Kandungan gizi jamur lebih baik dibandingkan dengan sayur dan buah-buahan (Suprapti dan Djarwanto, 2014). Dalam makalah ini disajikan hasil uji coba budidaya *Agaricus blazei*, *Auricularia polytricha* (jamur kuping hitam), *Clitocybe maxima* (jamur obon Papua), *Hericium erinaceus* (jamur kepala monyet), *Hypsizygyus ulmarius*, *Lyophyllum* sp., *Pleurotus citrinopileatus* (jamur tiram kuning), *Pleurotus eringii* (king oyster), *Pleurotus flabellatus* (jamur tiram pink), *Pleurotus florida*, *Pleurotus ostreatus* (jamur tiram putih), *Pleurotus sajor-caju* (jamur tiram abu-abu), dan *Poria cocos* pada media serbuk gergajian kayu mangium, untuk mengetahui pengurangan berat akibat biodeteriorasi dan efisiensi konversi biologinya.

## Bahan dan Metode

### Bahan

Bahan yang dipakai dalam pembuatan media tumbuh jamur yaitu serbuk gergaji kayu mangium (*Acacia mangium* Willd.), dedak, CaCO<sub>3</sub>, gipsum, trisuperfosfat (TSP), urea, air suling, kantong plastik PVC, cincin paralon, dan kapas. Bibit jamur berasal dari CV Asa Agro Corporation Cianjur, yaitu *Agaricus blazei*, *Auricularia polytricha* (jamur kuping hitam), *Clitocybe maxima* (jamur obon Papua), *Hericium erinaceus* (jamur kepala monyet), *Hypsizygyus ulmarius*, *Lyophyllum* sp., *Pleurotus citrinopileatus* (jamur tiram kuning), *Pleurotus eringii* (king oyster), *Pleurotus flabellatus* (jamur tiram pink), *Pleurotus florida*, *Pleurotus sajor-caju* (jamur tiram abu-abu), *Poria cocos*, dan untuk *Pleurotus ostreatus* (jamur tiram putih) berasal dari petani jamur di Sukabumi.

### Metode

Untuk pembuatan media tumbuh jamur, kedalam serbuk gergajian kayu mangium ditambahkan dedak, kapur, gipsum, urea, atau trisuperfosfat (TSP), serta air suling secukupnya seperti metode Suprapti dan Djarwanto (2009). Komposisi media tumbuh jamur tersebut adalah sebagai berikut:

- Media A: serbuk gergaji 82,0% + dedak 15,0%+ kapur 2,0%+ gipsum 0,5%+urea 0,5+ air suling secukupnya
- Media B: serbuk gergaji 82,0% + dedak 15,0%+ kapur 2,0%+ gipsum 0,5%+ trisuperfosfat 0,5%+ air suling secukupnya
- Media C: serbuk gergaji 82,5% + dedak 15,0%+ kapur 2,0%+ gipsum 0,5%+ air suling secukupnya.

Masing-masing komposisi bahan tersebut dicampur sampai rata dan dikemas ke dalam kantong plastik PVC sebanyak 800 g per kantong, lalu ditutup dengan kapas, kemudian disterilkan dengan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C, tekanan 1,5 atmosfer selama 30 menit. Media steril yang telah dingin dibagi tiga belas kelompok, masing-masing kelompok diinokulasi satu bibit dari 13 jenis jamur berbeda. Pertumbuhan miselium dan pengurangan berat media diamati setiap minggu. Apabila telah terlihat penebalan miselium sebagai tanda akan terbentuknya tubuh buah maka kantong media dibuka tutupnya dan diletakkan di ruang kultivasi (penumbuhan jamur). Penyiraman dilakukan setiap hari agar kondisi lingkungannya lembap. Pengamatan dilakukan setiap hari sampai umur lima bulan setelah diinokulasi. Tubuh buah jamur dipanen jika telah masak petik dengan tanda mekar sempurna, kemudian ditimbang untuk mendapatkan data produksi. Efisiensi konversi biologi (EKB) dihitung berdasarkan bobot tubuh buah jamur segar dibagi bahan media kering dan dinyatakan dalam persen (Suprapti & Djarwanto, 2014).

## Analisis Data

Data pengurangan berat media dan pertumbuhan miselium tigabelas jamur pelapuk dipermukaan media dirata-ratakan dari 5 ulangan. Sedangkan data pengurangan berat media oleh tigabelas jamur dianalisis menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) model faktorial 3x13x4 (media, jenis jamur dan waktu pengamatan), dan bobot tubuh buah, serta nilai efisiensi konversi biologi (EKB) sembilan jamur dianalisis menggunakan model faktorial 3x9 (jenis media, jenis jamur), masing-masing perlakuan lima kali ulangan. Jika hasil analisis berbeda nyata maka penelaahan dilanjutkan dengan uji beda Tukey menggunakan program SAS.

## Hasil dan Pembahasan

Semakin lama waktu inkubasi pertumbuhan miselium semakin menyebar. Data pertumbuhan miselium 13 jamur dipermukaan media tercantum pada Tabel 1. Sampai umur empat minggu pertumbuhan miselium umumnya belum mencapai 100%. Ini mungkin miselium tumbuh dan menyebar ke bagian dalam dulu dan belum nampak dari permukaan media. Pertumbuhan miselium yang lambat terjadi pada jamur *Agaricus blazei*, *Hericium erinaceus*, *Lyophyllum sp.*, dan *Poria cocos*. Menurut Medany et al. (2014) dan Musieba (2012) pertumbuhan miselium *P. citrinopileatus* memenuhi media pada 18-30 hari setelah inokulasi. Sedangkan Hassan (2007) menyatakan bahwa pertumbuhan miselium *Hericium erinaceus* pada media memerlukan waktu 37-46 hari setelah inokulasi. Djarwanto dan Suprapti (2016), Djarwanto et al. (2016), Suprapti dan Djarwanto (2014) menyatakan bahwa pertumbuhan miselium *P. flabellatus*, *P. ostreatus* dan *P. sajor-caju* telah merata pada minggu keempat setelah inokulasi. Islam et al. (2009) dan Khan et al. (2012), menyebutkan bahwa pertumbuhan miselium jamur telah memenuhi permukaan media (substrat) pada umur 25-30 hari (*P. flabellatus*) dan 26,5-45 hari setelah inokulasi (*P. sajor-caju*). Pokhrel et al. (2013) menyatakan bahwa pertumbuhan miselium jamur *P. sajor-caju* telah merata pada 22-35 hari setelah inokulasi. Menurut Biswas dan Kuiry (2013), pertumbuhan miselium telah memenuhi media pada 15 hari (*Hypsizygus ulmarius*), 18 hari (*P. ostreatus*), 19 hari (*P. sajor-caju*) dan 20 hari setelah inokulasi (*P. florida*). Pertumbuhan miselium *Hypsizygus ulmarius* telah memenuhi media pada 17-20 hari setelah inokulasi (Karthika dan Murugesan, 2015).

Pertumbuhan miselium tigabelas jenis jamur terlihat bervariasi, yang menunjukkan bahwa kemampuan miselium untuk tumbuh dan menyebar di seluruh permukaan media berbeda-beda. Namun secara visual penebalan miselium yang cepat terjadi pada *Pleurotus* spp. dan *Hypsizygos ulmarius*. Hal ini mungkin disebabkan oleh aktivitas enzim lignoselulosik yang merombak media menjadi sumber makanan untuk energi metabolisme paling besar, yang secara visual ditandai oleh pertumbuhan, penyebaran dan penebalan miselium paling cepat.

**Tabel 1.** Pertumbuhan miselium tigabelas jamur pelapuk pada media kayu mangium

Jenis jamur	Media tumbuh	Pertumbuhan miselium (%)			
		Minggu-I	Minggu-II	Minggu-III	Minggu-IV
<i>Agaricus blazei</i>	A	1,2±1,10	7,6±2,61	20,6±6,69	32,4±15,13
	B	2,4±2,19	10,8±2,28	30,6±4,88	63,4±17,54
	C	1,2±1,10	5,8±3,19	13,6±5,59	38,2±19,60
<i>Auricularia polytricha</i>	A	2,2±1,10	18,8±4,15	33,6±2,61	64,8±6,72
	B	6,4±1,67	13,4±2,19	51,4±6,91	100±0,00
	C	5,4±1,67	9,6±2,07	24,4±2,19	63,6±5,73
<i>Clitocybe maxima</i>	A	3,0±1,41	18,4±4,34	34,8±3,03	64,0±7,07
	B	2,6±0,89	16,2±3,27	35,0±3,16	61,8±7,46
	C	2,2±0,45	16,6±1,95	33,8±2,49	60,6±3,97
<i>Hericium erinaceus</i>	A	1,6±1,52	9,4±4,04	14,4±2,97	20,4±5,37
	B	6,2±1,48	8,8±1,09	17,2±3,35	26,8±4,15
	C	1,6±1,52	9,2±1,64	15,6±2,30	34,4±8,17
<i>Hypsizygos ulmarius</i>	A	4,6±2,61	40,4±4,62	64,6±11,28	88,6±11,99
	B	4,6±2,61	39,6±3,65	60,6±12,34	87,8±11,50
	C	2,8±1,79	18,6±7,54	58,8±17,28	91,2±9,23
<i>Lyophyllum</i> sp.	A	4,8±1,64	13,8±3,03	20,6±2,70	40,4±2,61
	B	9,6±1,67	23,8±3,49	33,4±5,46	43,6±8,88
	C	2,0±2,45	7,6±1,82	14,4±2,30	33,8±5,22
<i>Pleurotus citrinopileatus</i>	A	6,8±1,79	37,2±14,41	58,8±8,79	83,4±14,28
	B	9,2±2,28	41,8±4,92	72,8±14,87	100±0,00
	C	3,4±1,67	16,2±3,11	47,4±12,32	90,4±3,51
<i>Pleurotus eringii</i>	A	3,8±0,45	19,8±3,03	41,6±2,07	73,8±8,79
	B	3,8±0,45	23,8±2,86	57,4±9,48	81,4±5,46
	C	6,4±1,14	18,8±3,83	40,4±3,29	85,6±5,55
<i>Pleurotus flabellatus</i>	A	8,8±3,03	37,6±11,46	57,6±14,79	90,8±6,22
	B	8,4±1,67	36,8±1,92	58,6±9,44	89,8±13,53
	C	4,6±1,95	28,4±12,77	63,6±13,22	98,4±3,58
<i>Pleurotus florida</i>	A	9,6±2,61	42,8±12,81	68,8±15,90	100±0,00
	B	8,8±1,79	45,8±11,05	65,6±11,84	100±0,00
	C	2,6±0,89	19,6±7,57	64,5±7,56	99,0±1,73
<i>Pleurotus ostreatus</i>	A	8,6±3,13	49,6±15,13	73,2±23,94	92,8±12,13
	B	10,6±1,95	43,4±4,04	63,6±10,21	88,2±12,54
	C	9,4±4,56	37,4±14,26	62,4±10,14	88,8±13,07
<i>Pleurotus sajor-caju</i>	A	12,8±1,92	45,2±5,63	65,6±11,61	88,6±12,88
	B	11,4±1,34	43,6±4,16	63,6±11,08	100±0,00
	C	9,6±3,64	42,8±15,19	81,2±14,87	100±0,00

<i>Poria cocos</i>	A	3,2±1,30	11,2±3,63	15,8±4,92	30,4±9,34
	B	3,2±1,30	12,5±3,00	31,8±7,82	35,6±7,27
	C	10,2±5,17	30,8±11,19	53,8±10,76	67,0±11,47

Keterangan: ± = Standar deviasi

Berdasarkan hasil penelitian, penebalan miselium yang cepat akan diikuti oleh munculnya calon tubuh buah jamur (primordia) tersebut. Pada masa pertumbuhan dan perkembangan primordia menjadi tubuh buah siap petik, kebutuhan makanan untuk proses metabolisme mulai menurun sehingga aktivitas enzim lignoselulosik dalam merombak media juga menurun. Oleh karena itu panen jamur *Pleurotus* spp. terjadi lebih awal dibandingkan dengan jenis jamur lainnya. Xie et al. (2016) menyatakan bahwa aktivitas enzim selulolitik meningkat selama pertumbuhan miselium sekitar 65% (dalam penelitian ini pada minggu ketiga) dan menurun dengan cepat selama pertumbuhan miselium memenuhi permukaan media (umumnya lebih dari 1 bulan), aktivitas paling tinggi terjadi selama permulaan primordia, menurun drastis selama pembentukan tubuh buah. Sedangkan aktivitas enzim lignolitik meningkat saat pertumbuhan miselium mencapai sekitar 30% yaitu pada minggu kedua setelah inokulasi, dan aktivitasnya menurun selama pembentukan dan perkembangan tubuh buah jamur.

Data pengurangan berat akibat biodeteriorasi serbuk kayu mangium oleh jamur disajikan pada Tabel 2. Pengurangan berat media semakin tinggi sejalan dengan semakin lama waktu inkubasi yakni rata-rata pada umur satu, dua, tiga, dan empat minggu yaitu 0,89%, 1,38%, 1,77%, dan 2,20%. Kondisi ini menunjukkan bahwa ada peningkatan aktivitas enzim lignoselolitik dalam mendegradasi kayu mangium. Pengurangan berat tertinggi dijumpai pada media yang ditambah trisuperfosfat yang diinokulasi *Pleurotus eringii* dengan masa inkubasi 4 minggu. Pengurangan berat media oleh marga *Pleurotus* spp., variasinya tidak banyak. Marga *Pleurotus* spp. merupakan kelompok jamur pelapuk putih yang dapat merombak selulose dan lignin, sehingga kemampuannya dalam mendegradasi media antar jenisnya hampir sama. Menurut Ranjini dan Padmavathi (2013), marga *Pleurotus* spp. memiliki kemampuan yang khas dalam mendegradasi limbah. Kemampuan jamur yang tinggi dalam mendegradasi media ditemukan pada *Poria cocos*, *Hericium erinaceus*, *Pleurotus sajor-caju* (Tabel 2).

Pertumbuhan, produktivitas dan efisiensi konversi biologi jamur disajikan pada Tabel 3. Jamur *Agaricus blazei*, *Lyophyllum* sp., dan *Poria cocos* tidak menunjukkan adanya pertumbuhan tubuh buah. Sedangkan *Pleurotus eringii* menunjukkan pertumbuhan primordia pada bulan kedua, namun primordia tersebut gagal berkembang, dan membusuk. Salah satu ciri bahwa jamur sudah masak petik yaitu jika tubuh buah mekar dengan tepi hampir lurus, untuk jamur kuping hitam (*A. polytricha*), *Clitocybe maxima*, dan *Hericium erinaceus* umumnya dapat dipanen pada 6-15 hari, untuk jamur tiram (*P. florida*, *P. ostreatus*, *P. flabellatus*, dan *P. sajor-caju* serta *Hypsizygos ulmarius*) pada hari ketiga, *Pleurotus citrinopileatus* pada 4-5 hari sejak munculnya primordia. Suprapti dan Djarwanto (2013) menyatakan bahwa masak petik jamur kuping pada 5-14 hari (*A. polytricha*) sejak primordianya muncul. Upadhyay dan Sing (2010) menyatakan bahwa jamur *Auricularia* spp. dipanen pada umur 3-7 hari dari primordia atau *pinhead*. Medany (2014) dan Musieba (2012) menyatakan bahwa tubuh jamur *Pleurotus citrinopileatus* dipanen pada 4-8 hari sejak munculnya primordia. Menurut Singh dan Prasad (2012), tubuh buah *P. florida* dan *P. sajor-caju* mekar pada 3-4 hari sejak munculnya primordia. Oei (2005), Kristiawan dan Budiana (2011) menyatakan bahwa primordia berkembang menjadi tubuh buah masak

petik selama 7-10 hari. Menurut Narh *et al.* (2011); Djarwanto dan Suprapti (2010); Suprapti dan Djarwanto (2009), usia masak petik jamur *P. ostreatus*, *P. flabellatus*, dan *P. sajor-caju* adalah 3-4 hari setelah primordia muncul. Karthika dan Murugesan (2015) menyebutkan bahwa masa petik jamur *Hypsizygus ulmarius* pada hari 3-5 setelah primordia tumbuh. Pada Tabel 3, tercantum permulaan panen jamur *Auricularia polytricha* berkisar antara 53-70 hari, *Clitocybe maxima* 119-148 hari, *Hericium erinaceus* 100-115 hari, *Hypsizygus ulmarius* 25-39 hari, *Pleurotus* spp. 23-39 hari, dan *P. sajor-caju* 40-72 hari setelah inokulasi. Menurut Suprapti dan Djarwanto (2013) permulaan panen jamur kuping (*A. polytricha*) pada hari ke 74 setelah inokulasi.

Karthika dan Murugesan (2015) menyatakan bahwa panen jamur *Hypsizygus ulmarius* pada 25-27 hari setelah inokulasi. Sedangkan Djarwanto dan Suprapti (2016), Djarwanto *et al.* (2016); Suprapti dan Djarwanto (2014) menyatakan bahwa permulaan panen jamur tiram berkisar antara 25-51 hari (*P. ostreatus*), 25-47 hari (*P. flabellatus*), 36-91 hari (*P. sajor-caju*) setelah inokulasi. Hasil penelitian menyebutkan bahwa awal panen jamur *P. ostreatus* dilakukan pada hari 27-43 hari (Shah *et al.*, 2004; Thongklang & Luangharn, 2016; dan Pathmashini *et al.*, 2008), dan awal panen jamur *P. citrinopileatus* pada 17-61 hari setelah inokulasi (Medany, 2014; dan Musieba, 2012).

**Tabel 2.** Pengurangan berat serbuk kayu mangium oleh tigabelas jamur pelapuk

Jenis jamur	Media tumbuh	Pengurangan berat media (%)				
		Minggu-I	Minggu-II	Minggu-III	Minggu-IV	Rata-rata
<i>Agaricus blazei</i>	A	0,84±0,16	1,34±0,22	1,74±0,21	2,01±0,15	1,42 e
	B	0,76±0,05	1,11±0,16	1,57±0,19	2,01±0,15	
	C	0,78±0,15	1,29±0,13	1,64±0,18	1,93±0,23	
<i>Auricularia polytricha</i>	A	0,80±0,07	1,21±0,15	1,80±0,47	2,10±0,52	1,43 e
	B	0,78±0,10	1,26±0,23	1,71±0,34	2,04±0,29	
	C	0,76±0,07	1,17±0,08	1,58±0,17	1,93±0,29	
<i>Clitocybe maxima</i>	A	0,81±0,15	1,28±0,24	1,57±0,26	1,85±0,15	1,41 <sup>e</sup>
	B	0,76±0,12	1,17±0,12	1,55±0,12	1,96±0,16	
	C	0,76±0,05	1,35±0,34	1,67±0,34	2,15±0,39	
<i>Hericium erinaceus</i>	A	1,08±0,25	1,63±0,43	1,94±0,21	2,40±0,52	1,81 <sup>ab</sup>
	B	1,09±0,64	1,70±0,84	2,26±0,95	2,74±1,14	
	C	1,03±0,22	1,61±0,41	1,91±0,25	2,37±0,51	
<i>Hypsizygus ulmarius</i>	A	1,05±0,28	1,42±0,35	1,78±0,34	2,32±0,35	1,53 <sup>cde</sup>
	B	0,79±0,11	1,16±0,06	1,58±0,08	2,04±0,09	
	C	0,99±0,15	1,38±0,24	1,77±0,21	2,12±0,40	
<i>Lyophyllum</i> sp.	A	0,85±0,17	1,42±0,32	1,70±0,27	1,97±0,18	1,49 <sup>de</sup>
	B	0,81±0,18	1,25±0,30	1,72±0,43	2,16±0,56	
	C	0,89±0,22	1,37±0,15	1,72±0,12	2,01±0,28	
<i>Pleurotus citrinopileatus</i>	A	0,88±0,24	1,36±0,24	1,71±0,23	2,05±0,31	1,48 <sup>de</sup>
	B	0,74±0,07	1,22±0,07	1,57±0,15	2,02±0,14	
	C	0,94±0,23	1,41±0,19	1,68±0,22	2,19±0,27	

<i>Pleurotus eringii</i>	A	0,79±0,15	1,35±0,20	1,64±0,25	1,95±0,22	1,66 <sup>bcd</sup>
	B	1,27±0,26	1,98±0,49	2,50±0,49	2,95±0,59	
	C	0,89±0,26	1,28±0,31	1,47±0,28	1,80±0,25	
<i>Pleurotus flabellatus</i>	A	0,96±0,13	1,29±0,16	1,62±0,23	2,17±0,29	1,50 <sup>de</sup>
	B	0,83±0,02	1,25±0,12	1,63±0,06	2,10±0,09	
	C	0,89±0,31	1,24±0,39	1,61±0,49	2,41±0,76	
<i>Pleurotus florida</i>	A	0,83±0,10	1,67±0,17	2,17±0,15	2,53±0,15	1,53 <sup>cde</sup>
	B	0,83±0,09	1,31±0,20	1,83±0,27	2,31±0,27	
	C	0,68±0,15	0,96±0,14	1,37±0,27	1,81±0,28	
<i>Pleurotus ostreatus</i>	A	0,76±0,06	1,22±0,16	1,88±0,50	2,23±0,63	1,42 <sup>e</sup>
	B	0,75±0,03	1,22±0,09	1,79±0,23	2,27±0,23	
	C	0,67±0,06	1,08±0,11	1,42±0,12	1,73±0,12	
<i>Pleurotus sajor-caju</i>	A	0,94±0,18	1,8±0,20	2,11±0,21	2,50±0,16	1,71 <sup>abc</sup>
	B	1,03±0,13	1,47±0,10	1,92±0,07	2,48±0,28	
	C	0,85±0,17	1,43±0,26	1,78±0,30	2,30±0,37	
<i>Poria cocos</i>	A	1,29±0,14	1,99±0,06	2,28±0,13	2,78±0,10	1,88 <sup>a</sup>
	B	1,17±0,32	1,76±0,30	2,20±0,30	2,75±0,46	
	C	0,98±0,29	1,35±0,35	1,60±0,41	2,35±0,60	

Keterangan: Angka-angka pada masing-masing kolom yang diikuti oleh huruf sama tidak berbeda (Tukey p≤0,05)

**Tabel 3.** Pertumbuhan, produktivitas dan nilai efisiensi konversi biologi (EKB) kayu mangium oleh sembilan jenis jamur

Jenis jamur	Media tumbuh	Awal panen (hari)	Frekuensi panen (kali)	Bobot jamur (g)	Jumlah pileus ( <i>buah</i> )	EKB (%)	Tranf arc V%
<i>Auricularia polytricha</i>	A	68	4,6	154,4 <sup>defgh</sup>	26,4	26,78	31,12 <sup>defg</sup>
	B	70	3,8	176,6 <sup>bcdefg</sup>	28,6	30,02	33,12 <sup>bcdefg</sup>
	C	53	5,2	166,6 <sup>cdefg</sup>	31,0	28,87	32,45 <sup>cdefg</sup>
<i>Clitocybe maxima</i>	A	148	1,0	170,6 <sup>cdefg</sup>	1,0	30,57	33,54 <sup>bcdefg</sup>
	B	132	1,0	179,8 <sup>bcdefg</sup>	1,0	29,59	32,95 <sup>bcdefg</sup>
	C	119	1,0	154,8 <sup>defgh</sup>	1,0	26,83	31,12 <sup>defg</sup>
<i>Hericium erinaceus</i>	A	115	2,0	118,6 <sup>fghi</sup>	4,0	20,16	26,67 <sup>fghi</sup>
	B	100	2,0	60,6 <sup>h</sup>	3,4	10,51	18,69 <sup>i</sup>
	C	106	2,2	61,0 <sup>h</sup>	2,8	10,57	18,87 <sup>i</sup>
<i>Hypsizygus ulmarius</i>	A	28	5,2	269,4 <sup>b</sup>	33,2	45,80	42,54 <sup>bc</sup>
	B	25	3,0	273,4 <sup>b</sup>	29,2	47,42	43,52 <sup>ab</sup>
	C	39	5,8	268,6 <sup>b</sup>	38,2	46,55	42,95 <sup>bc</sup>
<i>Pleurotus citrinopileatus</i>	A	23	4,0	240,8 <sup>bcd</sup>	56,4	40,93	39,75 <sup>bcd</sup>
	B	27	2,4	166,0 <sup>cdefg</sup>	38,6	28,79	32,43 <sup>cdefg</sup>
	C	33	4,0	258,6 <sup>bc</sup>	65,0	44,82	42,01 <sup>bc</sup>
<i>Pleurotus flabellatus</i>	A	23	4,0	212,4 <sup>bcdef</sup>	29,8	38,73	38,47 <sup>bcde</sup>
	B	23	3,6	227,8 <sup>bcde</sup>	35,0	36,85	37,36 <sup>bcdef</sup>
	C	24	5,6	231,8 <sup>bcde</sup>	33,0	40,17	39,28 <sup>bcde</sup>

<i>Pleurotus florida</i>	A	38	6,8	374,4 <sup>a</sup>	52,6	63,65	53,86 <sup>a</sup>
	B	33	3,8	244,2 <sup>bcd</sup>	45,6	42,36	40,60 <sup>bcd</sup>
	C	39	3,4	228,8 <sup>bcde</sup>	36,2	39,65	38,94 <sup>bcde</sup>
<i>Pleurotus ostreatus</i>	A	31	1,6	135,2 <sup>efgh</sup>	15,6	30,46	33,22 <sup>bcdefg</sup>
	B	34	2,2	179,2 <sup>bcdefg</sup>	16,2	23,45	28,87 <sup>efghi</sup>
	C	33	3,2	149,0 <sup>defgh</sup>	18,8	25,82	30,45 <sup>defgh</sup>
<i>Pleurotus sajor-caju</i>	A	72	1,0	93,2 <sup>gh</sup>	6,2	15,84	24,60 <sup>ghi</sup>
	B	40	1,0	100,0 <sup>gh</sup>	9,8	17,35	26,67 <sup>ighi</sup>
	C	67	1,0	66,2 <sup>h</sup>	5,2	11,47	19,76 <sup>hi</sup>

Keterangan: Angka-angka pada masing-masing kolom yang diikuti oleh huruf sama tidak berbeda (Tukey  $p \leq 0,05$ )

**Tabel 4.** Rata-rata pengurangan berat, hasil panen dan efisiensi konversi biologi serbuk kayu mangium

Media	Pengurangan berat (%)	Bobot jamur (g)	EKB (Tranf arc V%)
A	1,61 <sup>a</sup>	206,64 <sup>a</sup>	40,00 <sup>a</sup>
B	1,60 <sup>a</sup>	168,53 <sup>b</sup>	32,26 <sup>b</sup>
C	1,47 <sup>b</sup>	176,16 <sup>b</sup>	32,85 <sup>b</sup>

Keterangan: Angka-angka pada masing-masing kolom yang diikuti oleh huruf sama tidak berbeda (Tukey  $p \leq 0,05$ )

Pada Tabel 4, rata-rata pengurangan berat media yang ditambah urea dan TSP (1,61% dan 1,60%) lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol (1,47%). Pengurangan berat akibat biodegradasi yang tinggi pada media A, ini mungkin karena aktivitas enzim lignoselulolitik tinggi, menghasilkan energi lebih banyak sehingga bobot tubuh buah dan nilai konversi media menjadi biomassa jamur paling tinggi. Namun pada media B yang pengurangan beratnya tidak berbeda dengan media A, bobot tubuh buah dan nilai efisiensi konversi biologinya paling rendah. Ini menunjukkan bahwa kemampuan enzim lignoselulolitik dalam mendegradasi media tumbuh dapat bervariasi. Media yang ditambah pupuk urea memberikan hasil (bobot dan nilai EKB) yang lebih tinggi dibandingkan dengan media yang ditambah pupuk trisuperfosfat, sesuai dengan pernyataan Djarwanto et al. (2016) bahwa penambahan urea pada media memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan penambahan trisuperfosfat. Ini mungkin dipengaruhi peran nitrogen dalam urea yang dapat menyokong pertumbuhan jamur.

Pada Tabel 3, rata-rata jumlah tudung jamur (*pileus*) adalah 26,4-31 buah (*Auricularia polytricha*), satu buah (*Clitocybe maxima*), 2,8-4 buah (*Hericium erinaceus*), 29,8-35 buah (*Pleurotus flabellatus*), 15,6-18,8 buah (*P. ostreatus*), dan 5,2-9,8 buah untuk *P. sajor-caju*. Djarwanto et al. (2016) menyatakan bahwa jumlah tudung berkisar antara 9,8-34,8 buah untuk *P. flabellatus*, 11,8-29,4 buah untuk *P. ostreatus* dan untuk *P. sajor-caju* adalah 10-26,4 buah. Frekuensi panen terendah (satu kali) didapatkan dari jamur *Clitocybe maxima* dan *P. sajor-caju*. Hal ini karena primordia *Clitocybe maxima* yang tumbuh pertama dan kedua gagal berkembang dan primordia yang tumbuh ketiga kalinya ini baru berhasil berkembang. Sedangkan untuk *P. sajor-caju*, primordia yang tumbuh pertama kali sebagian berkembang (tudung melintir) dan ada yang gagal, sedangkan primordia yang tumbuh kedua semuanya gagal berkembang. Menurut Suprpti & Djarwanto (2014) frekuensi panen jamur yaitu 7,3 kali (*P. flabellatus*), 4,4 kali (*P. ostreatus*), dan 4,6 kali untuk jamur *P. sajor-caju*. Frekuensi panen yang tinggi menunjukkan bahwa jenis jamur tersebut cepat beregenerasi atau produktif.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa komposisi media, jenis pupuk, dan jenis jamur berpengaruh terhadap bobot tubuh buah, dan nilai EKB-nya ( $p \leq 0,05$ ). Pada Tabel 5 ditunjukkan bobot dan nilai EKB jamur tertinggi didapatkan pada *P. florida* dan *Hypsizygus ulmarius*, sedangkan hasil terendah terjadi pada *P. sajor-caju* dan *Hericium erinaceus*. Hal ini disebabkan primordia *P. sajor-caju* gagal membentuk tudung (*pileus*) namun hanya tangkai yang membesar dan memanjang. Hal ini mungkin terdapat lingkungan mikro yang umumnya tidak terkendalikan dapat mempengaruhi perkembangan tubuh buah. Menurut Belletini et al. (2016) paparan virus mikro dari udara dapat mempengaruhi tubuh buah *Pleurotus* spp. Gejala serangan virus pada *Pleurotus* spp. antara lain tudung (*pileus*) melintir dan terbalik, tangkai (*stipe*) menggebung dan memanjang. Demikian juga terjadi pada primordia *Hericium erinaceus* gagal berkembang, sehingga tubuh buah yang kerdil hanya dipetik (untuk membersihkan media) tetapi tidak ditimbang. Pada laporan sebelumnya tercatat bobot dan nilai EKB yang tinggi didapatkan pada jamur *P. ostreatus*, kemudian diikuti oleh *P. sajor-caju* dan *P. flabellatus* (Suprpti dan Djarwanto, 2014, Djarwanto et al., 2016). Jamur *Pleurotus flabellatus*, *P. florida*, *P. ostreatus*, *P. sajor-caju* dan *Hypsizygus ulmarius* telah dikonsumsi sebagai sayuran. Ketiga jenis jamur *Pleurotus* yaitu *P. florida*, *P. ostreatus* dan *Hypsizygus ulmarius* dikelompokkan ke dalam jamur tiram putih, yang merupakan salah satu kelompok jamur unggulan yang telah menembus pasar global, sedangkan jamur *Pleurotus* jenis lainnya masih kurang dikenal. Beberapa penelitian mendapatkan nilai EKB bervariasi untuk kelompok jenis jamur yang sama, dinyatakan bahwa nilai-nilai EKB tersebut antara lain: *Agaricus blazei* berkisar antara 15,9-60,4% (de Siqueira et al., 2009; Colauto et al., 2011); *Auricularia polytricha* 63,7% (Onyango et al., 2011); *Hericium erinaceus* antara 32,5-50,3% (Hassan, 2007), *P. citrinopileatus* 38-115% (Medany, 2014), *P. flabellatus* 50,1-70,6% (Khan et al., 2012; Mishra et al., 2015; Djarwanto et al., 2016), *P. ostreatus* 62,1-64,7% (Shah et al., 2004); 50,9-59,8% (Narh et al., 2011); 95-156% (Mkhize et al. (2016) dan 53-78% (Sofi et al., 2014; Djarwanto et al., 2016); sedangkan nilai EKB *P. sajor-caju* adalah 24% (Villaceran et al., 2006), dan 54,62 % (Djarwanto et al., 2016). Mshandete dan Cuff (2008); Obodai et al. (2002) menyatakan bahwa nilai EKB *P. ostreatus* 50,9 %, dan *P. sajor-caju* 34,5%. Fanadzo et al. (2010) dan Mishra et al. (2015) menyebutkan bahwa nilai EKB *P. ostreatus* masing-masing adalah 41,8-97% dan 75,55%, sedangkan untuk *P. sajor-caju* adalah 63,85% dan 35,4-71%.

**Tabel 5.** Bobot tubuh buah dan nilai efisiensi konversi Biologi (EKB) sembilan jenis jamur

Jenis jamur	Bobot jamur (g)	EKB (%)	Tranf arc V%
<i>Auricularia polytricha</i>	165,87 <sup>d</sup>	28,56	32,23 <sup>c</sup>
<i>Clitocybe maxima</i>	168,40 <sup>d</sup>	29,00	32,54 <sup>c</sup>
<i>Hericium erinaceus</i>	80,07 <sup>e</sup>	13,75	21,41 <sup>d</sup>
<i>Hypsizygus ulmarius</i>	270,47 <sup>ab</sup>	46,59	43,00 <sup>ab</sup>
<i>Pleurotus citrinopileatus</i>	221,80 <sup>c</sup>	38,18	38,07 <sup>b</sup>
<i>Pleurotus flabellatus</i>	224,00 <sup>bc</sup>	38,58	38,37 <sup>b</sup>
<i>Pleurotus florida</i>	282,47 <sup>a</sup>	48,55	44,46 <sup>a</sup>
<i>Pleurotus ostreatus</i>	154,47 <sup>d</sup>	26,58	30,85 <sup>c</sup>
<i>Pleurotus sajor-caju</i>	86,47 <sup>e</sup>	14,89	22,40 <sup>d</sup>

Keterangan: Angka-angka pada masing-masing kolom yang diikuti oleh huruf sama tidak berbeda (Tukey  $p \leq 0,05$ )

Jamur yang tumbuh, merombak media dan sebagian media dikonversi menjadi biomasa tubuh buah, sebagian yang lain digunakan untuk metabolisme, dan selebihnya masih tersimpan dalam kompos berupa sisa media (*spent compost*), berikut miselium. Bekas media jamur tersebut secara visual masih berupa kompos yang belum matang, tetapi dapat dimanfaatkan untuk campuran dalam media tanam tanaman. Menurut Djarwanto et al. (2016) tingkat respirasi metabolisme media yang tinggi terjadi pada media yang diinokulasi *Pleurotus ostreatus*, kemudian diikuti *P. flabellatus*, dan *P. sajor-caju* (Tabel 6).

**Tabel 6.** Rata-rata nilai derajat respirasi metabolisme media oleh tiga jenis jamur *Pleurotus*

Media	Derajat respirasi metabolisme (%)		
	<i>Pleurotus flabellatus</i>	<i>Pleurotus ostreatus</i>	<i>Pleurotus sajor-caju</i>
A	56,07	64,40	60,63
B	51,13	62,74	48,13
C	48,69	65,15	46,70

Sumber: Djarwanto et al. (2016)

Degradasi serbuk kayu mangium oleh jamur juga dapat menurunkan nilai C/N dan penyusutannya dapat dipengaruhi oleh waktu inkubasi, meskipun secara fisik bekas media jamur tersebut masih berupa kompos yang belum matang. Menurut Komarayati et al. (2012) dan Djarwanto et al. (2016) penurunan nilai C/N dapat dipengaruhi oleh waktu inkubasi, semakin lama waktu inkubasi semakin rendah nilai C/N nya. Nilai C/N kompos jamur *Pleurotus ostreatus* setelah empat bulan masa produksi adalah 39,80% (Komarayati et al. 2012). Syarat nilai C/N kompos sampah organik dalam SNI 19-70 30-2004 adalah 10-20 (SNI, 2004), dan untuk memenuhi standar kompos Jepang yaitu <35 (Komarayati dan Pasaribu, 2005). Sedangkan nilai C/N pada persyaratan teknis minimal pupuk organik adalah 15-25 (Departemen Pertanian, 2009). Selain itu, inokulasi jamur dapat merubah nilai kandungan hara dalam medianya seperti fosfor ( $P_2O_5$ ), kalium ( $K_2O$ ), kalsium (CaO), dan magnesium (MgO). Menurut Djarwanto et al. (2016), kandungan kalium (K) dan magnesium (Mg) cenderung menurun setelah diinokulasi jamur, sedangkan kandungan kalsium (Ca) dan natrium (Na) cenderung meningkat.

## Kesimpulan

Pertumbuhan miselium tigabelas jamur umumnya belum mampu memenuhi seluruh permukaan media (substrat) pada umur empat minggu setelah inokulasi. Rata-rata pengurangan berat media akibat biodeteriorasi jamur dengan masa inkubasi satu minggu adalah 0,89%, 1,38% (masa inkubasi dua minggu), 1,77% (tiga minggu), dan 2,20% (empat minggu). Pengurangan berat yang tinggi didapatkan dari aktivitas jamur *Poria cocos*, *Hericium erinaceus* dan *Pleurotus sajor-caju*. Permulaan panen jamur dilakukan pada 23-39 hari (*Hypsizygus ulmarius*, *Pleurotus citrinopileatus*, *P. flabellatus*, *P. florida*, dan *P. ostreatus*), 40-72 hari (*Auricularia polytricha* dan *Pleurotus sajor-caju*) dan 100-148 hari setelah inokulasi (*Clitocybe maxima* dan *Hericium erinaceus*). Bobot biomassa tubuh buah jamur tertinggi didapatkan dari *P. florida* dan *H. Ulmarius*. Rata-rata nilai efisiensi konversi biologi (EKB) serbuk kayu mangium menjadi biomasa jamur dari yang tertinggi adalah *P. florida*, *H. ulmarius*, *P. flabellatus*, *P. citrinopileatus*, *C. maxima*, *A. polytricha*, *P. ostreatus*, *P. sajor-caju*, dan *H. erinaceus*.

## Daftar Pustaka

- Bellettini MB, Fiorda FA, Maieves HA, Teixeira GI, Avila S, Hornung PS, Junior AM, Ribani RM. 2016. Review factors affecting mushroom *Pleurotus* spp. *Saudi Journal of Biological Sciences*. In press.
- Biswas MK, Kuiry S. 2013. Yield performance of different species of oyster mushroom (*Pleurotus* spp.) under the agro-ecological condition of lateritic zone of west Bengal, India. *International Journal of Bio-resource and stress management* 4(1): 043-046.
- Chang ST, Miles PG. 2004. *Mushrooms cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact*. Second Edition. 477 p. CRC Press.
- Chen MH, Lin CH, Shih CC. 2014. Antidiabetic and antihyperlipidemic effects of *Clitocybe nuda* on glucose transporter 4 and AMP-activated protein kinase phosphorylation in high-fat-fed mice. *Hindawi Publishing Corporation Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*. Volume 2014, article ID 981046, 14 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/981046>.
- Colauto NB, da Silveira AR, da Eira AF, Linde GA. 2011. Production flush of *Agaricus blazei* on Brazilian casing layers. *Brazilian Journal of Microbiology* 42: 616-623.
- Departemen Pertanian. 2009. Persyaratan teknis minimal pupuk organik, Pub. L. No. S.K. Menteri Pertanian 28/Permentan/SR.130/5/2009, tanggal 22 Mei 2009.
- De Siquera FG, Dias ES, da Silva R, Martos ET, Rinker DL. 2009. Cultivation of *Agaricus blazei* ss. *Heinemann* using different soils as source of casing materials. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, 66(6): 827-830.
- Djarwanto, Suprapti S. 2010. Pengaruh sumber bibit terhadap pertumbuhan jamur tiram. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 28(2): 156-168.
- Djarwanto, Suprapti S, Ismanto A. 2016. Biokonversi serbuk gergaji kayu hutan tanaman sebagai media jamur pangan *Pleurotus* spp. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 34(4): 285-296.
- Fanadzo M, Zireva DT, Dube E, Mashingaidze AB. 2010. Evaluation of various substrates and supplements for biological efficiency of *Pleurotus sajor-caju* and *Pleurotus ostreatus*. *African Journal of Biotechnology* 9(19): 2756-2761.
- Gregory A, Svagelj M, Pohleven J. 2007. Cultivation techniques and medicinal properties of *Pleurotus* spp. *Food Technol. Biotechnol.* 45(3): 236-249.
- Hassan FRH. 2007. Cultivation of the monkey head mushroom (*Herichium erinaceus*) in Egypt. *Journal of Applied Sciences Research* 3(10): 1229-1233.
- Islam MZ, Rahman MH, Hafiz F. 2009. Cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus flabellatus*) on different substrates. *Int.J. Sustain.Crop Prod.* 4(1): 45-48.
- Kamal S, Pandey J, Ghignone S, Varma A. 2009. Mushroom biology and biotechnology: an overview. In Chauhan AK dan Varma A (Eds.) *A Textbook of Molecular Biotechnology*. p: 573-628. I.K. International Publishing House Pvd Ltd. New Delhi-India.
- Karthika K, Murugesan S. 2015. Cultivation and determination of nutritional value on edible mushroom *Pleurotus ulmarius*. *International Journal of Emerging Research in Management & Technology* 4(11): 29-36.

- Khan NA, Ajmal M, Imam ul haq M, Javed N, Asif AM, Benyamin R, Khan SA. 2012. Impact of sawdust using various woods for effective cultivation of oyster mushroom. *Pak. J. Bot* 44(1): 399-402.
- Kihumbu AG, Shitandi AA, Maina MS, Khare KB, Sharma HK. 2008. Nutritional composition of *Pleurotus sajor-caju* grown on water hyacinth, wheat straw and corncob substrate. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 4(4): 321-326.
- Komarayati K, Pasaribu RA. 2005. Pembuatan pupuk organik dari limbah padat industri kertas. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 23(1): 35-41.
- Komarayati S, Gusmailina, Djarwanto. 2012. Pemanfaatan sisa media tumbuh jamur tiram untuk arang kompos. *Prosiding Seminar Nasional MAPEKI IX, tanggal 2 November 2011 di Yogyakarta*. Hlm.: 889-894. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada. ISBN: 978-602-1905-21-0. Website: <http://www.mapeki.org>.
- Kristiawan B, Budiana EP. 2011. Using biomass briquette of artificial log waste as kerosene substitute in sterilization process of *Auricularia* sp. substrate. *International Conference and Exhibition on Sustainable Energy and Advanced Materials (ICE SEAM 011), Solo-Indonesia 3-4, 2011*. p.: 115-122.
- Kulshreshtha S, Mathur N, Bhatnagar P. 2014. Mushroom as a product and their role in mycoremediation. *AMB Express* 4(29): 1-7. SpringerOpen Journal
- Medany GM. 2014. Cultivation possibility of golden oyster mushroom (*Pleurotus citrinopileatus*) under the Egyptian conditions. *Egypt. J. Agric. Res* 92(2): 749-762.
- Mishra RP, Shahid M, Pandey S, Pandey M, Deepshikha, Singh M. 2015. Characterization of *Pleurotus* sp. of mushroom based on phenotypic, biochemical and yield parameter. *African Journal of Microbiology Research* 9(13): 934-937.
- Mkhize SS, Cloete J, Basson AK, Zharare GE. 2012. Performance of *Pleurotus ostreatus* mushroom grown on maize stalk residues supplemented with various levels of maize flour and wheat bran. *Food Science and Technology, Campinas*, 36(4): 598-605.
- Mshandete AM, Cuff J. 2008. Cultivation of three types of indigenous wild edible mushrooms: *Coprinus cinereus*, *Pleurotus flabellatus* and *Volvariella volvacea* on composted sisal decortication residue in Tanzania. *African Journal Biotechnology* 7(4): 4551-4562. <http://www.academicjournals.org/AJB>. ISSN 1684-5315. Academic Journals.
- Musieba F, Ooth S, Mobey RK, Wanjiku S, Moraa K. 2012. Suitability of locally available substrates for cultivation on Kenyan indigenous golden oyster mushroom (*Pleurotus citrinopileatus* Singer). *American Journal of Food Technology* 7(10): 650-655.
- Narh DL, Obodai M, Baka D, Dzomeku M. 2011. The efficiency of sorghum and millet grains in spawn production and carpophore formation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex Fr.) Kummer. *International Food Research Journal* 18(3): 1143-1148.
- Obodai M, Vowotor KA, Marfo K. 2002. Performance of various strains of *Pleurotus* species under Ghanaian conditions. In *Mushroom Biology and Mushroom Products*. Ed. Sanchez et al. UAEM. ISBN 968-878-105-3. p.: 461-466. Diakses 7 Mei 2013.
- Oei P. 2005. Small-scale mushroom cultivation. p: 65-71. Agromisa and CTA.

- Onyango BO, Palapala VA, Arama PF, Wagai SO, Gichimu BM. 2011. Suitability of selected supplanted substrates for cultivation of Kenyan native wood ear mushrooms (*Auricularia auricula*). *American Journal of Food Technology* 6(5): 395-403.
- Patel Y, Naraian R, Singh VK. 2012. Medicinal properties of *Pleurotus* species (oyster mushroom): A review. *World Journal of Fungal and Plant Biology* 3(1): 1-12. ISSN 2219-4312. DOI: 10.5829/idosi.wjfpb.2012.3.1.303. IDOSI Publications.88
- Pathmashini L, Arulnandhy V, Wijeratnam RSW. 2008. Cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on sawdust. *Cey. J. Sci (Bio. Sci.)* 37(2): 177-182.
- Pokhrel CP, Kalyan N, Budathoki U, Yadav KP. 2013. Cultivation of *Pleurotus sajor-caju* using different agricultural residues. *International Journal of Agricultural Policy and research* 1(2): 019-023.
- Rachman O, Hadjib N. 2008. Keteguhan lentur statis sambungan jari pada beberapa jenis kayu hutan tanaman. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 26(4): 252-360.
- Ranjini R, Padmavathi T. 2013. A preliminary assessment of phenol tolerance and degradation by spent mycelium substrate (SMS) of novel edible mushroom *Hypsizygus ulmarius*. *Journal of Scientific & Industrial Research* 72:767-771.
- Rozsa S, Manlutlu DN, Marta GT, Stela D, Suzana BBF. 2016. Research on the biology of the *Agaricus blazei* Murrill mushroom mycelium. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology* 20(1):123-126.
- Shah ZA, Ashraf M, Ishtiaq Ch M. 2004. Comparative study on cultivation and yield performance of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on different substrates (wheat straw, leaves, sawdust). *Pakistan Journal of Nutrition* 3(3):158-160.
- Shivasshankar M, Premkumari B. 2014. Preliminary qualitative phytochemical screening of edible mushroom *Hypsizygus ulmarius*. *Science, Technology and Arts Research Journal* 3(1):122-126.
- Singh SD, Prasad G. 2012. Effect of different substrate supplements on the growth and yield of two species of mushroom *Pleurotus florida* and *P. sajor-caju*. *International of scientific & Industrial Research* 2(3):61-64.
- Sofi B, Ahmad M, Khan M. 2014. Effect of different grains and alternate substrate on oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) production. *African Journal of Microbiology Research* 8(14):1474-1479.
- Standar Nasional Indonesia. 2004. Spesifikasi kompos dari sampah organik domestik. SNI 19-7030-2004. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Suprapti S, Djarwanto. 2009. Pedoman budidaya jamur shiitake dan jamur tiram. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Suprapti S, Djarwanto. 2013. Produktivitas jamur *Auricularia* spp. pada kompos serbuk gergaji kayu *Falcataria mollucana*. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 31(4):271-282.
- Suprapti S, Djarwanto. 2014. Produktivitas jamur *Pleurotus* spp. pada kompos serbuk gergaji kayu *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia (MAPEKI) XVI :278-283. Balikpapan, Kalimantan Timur, 6 Nopember 2013.

- Svajger U, Pohleven J, Kos J, Strukelj B, Jeras M. 2011. CNL, a ricin B-like lectin from mushroom *Clitocybe nebularis*, induces maturation and activation of dendritic cells via the toll-like receptor 4 pathway. *Immunology* 134:409-418.
- Tangen JM, Tierens A, Caers J, Binsfeld M, Olstad OK, Troseid AMS, Wang J, Tjonnfjord GE, Hetland G. 2015. Immunomodulatory effects of the *Agaricus blazei* Murrill-based mushroom extract andoson in patients with multiple myeloma undergoing high dose chemotherapy and autologous stem cell transplantation: a randomized, double blinded clinical study. *BioMed Research International* [http://dx.doi.org/ 10.1155/2015/718539](http://dx.doi.org/10.1155/2015/718539).
- Thongklang N, Luangharn T. 2016. Testing agricultural wastes for the production of *Pleurotus ostreatus*. *Mycosphere* 7(6):766-772.
- Upadhyay RC, Sing M. 2010. Production of edible mushrooms. Industrial Application X. In Esser, K. (Ed.) *The Mycota*. Second Editions: 79-100. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Villaceran AB, Kalaw SP, Nitural PS, Abella EA, Reyes RG. 2006. Cultivation of Thai and Japanese strains of *Pleurotus sajor-caju* on rice-straw-based *Volvariella volvacea* mushroom spent and composted rice straw in Central Luzon Region, Philippines. *Journal of Agricultural Technology* 2(1):69-75.
- Xie C, Yan L, Gong W, Zhu Z, Tan S, Chen D, Hu Z, Peng Y. 2016. Effects of different substrates on lignocellulosic enzyme expression, enzyme activity, substrate utilization and biological efficiency of *Pleurotus eryngii*. *Cellular Physiology and Biochemistry* 39:1479-1494.

# Pembuatan Bioetanol dari Tepung Sagu Aren (*Arenga pinnata*) dan Kirai (*Metroxylon rumphii*) Menggunakan Ragi Tradisional

Djarwanto & Totok Kartono Waluyo

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Bogor

Email: [djarwanto2006@yahoo.com](mailto:djarwanto2006@yahoo.com)

## ABSTRAK

Sagu merupakan sumber bahan baku dalam produksi bioetanol. Namun demikian, produksi bioetanol yang dihasilkan dari tepung sagu masih di bawah ketela dan umbi, yaitu sekitar 90 liter setiap tonnya. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi ragi terpilih yang dapat mengkonversi bubur tepung sagu menjadi etanol. Tiga contoh ragi (A, B, C) dan ragi impor (kontrol) diuji dalam pembuatan bioetanol menggunakan tepung sagu aren (*Arenga pinnata*) dan kirai (*Metroxylon rumphii*). Hasil koleksi ragi di beberapa kota menunjukkan bahwa, mikroba yang dominan dalam ragi tersebut adalah *S. cereviceae*, dan dijumpai fungi ikutan antara lain *Mucor* sp., *Aspergillus* sp., dan *Rhizopus* sp. Rendemen etanol sagu setelah diberi ragi A, B, C dengan konsentrasi 5% umumnya masih rendah dibandingkan dengan rendemen etanol yang diberi ragi impor. Rendemen tertinggi dijumpai pada sagu aren dan kirai yang ditambah ragi C 5% masing-masing adalah 14,77% dan 16,45%.

**Kata kunci:** bioetanol, fungi, kirai, ragi, sagu aren

## Pendahuluan

Seiring dengan meningkatnya biaya minyak bumi secara kontinyu, ketergantungan atas minyak bumi dan juga menyebabkan berbagai polusi, hal tersebut mendorong untuk mencari sumber-sumber lain sebagai alternatif sumber energi. Biomass merupakan salah satu alternatif untuk mengurangi permasalahan tersebut sebagai sumber bahan baku dalam pembuatan etanol. Pertimbangan utama mencakup produksi etanol dari sumber-sumber daya yang dapat diperbaharui dan penentuan ekonomi dan kelayakan teknis penggunaannya sebagai pencampur bensin (Demirbas, 2005).

Bio-etanol atau etil alkohol ( $C_2H_5OH$ ) adalah cairan biokimia hasil fermentasi gula dari sumber karbohidrat dengan menggunakan bantuan mikroorganisme dilanjutkan dengan proses distilasi. Sebagai bahan baku digunakan tanaman yang mengandung pati, lignoselulosa, dan sukrosa. Secara teoritis, hidrolisis glukosa akan menghasilkan etanol dan karbondioksida. Perbandingan molekul antara glukosa dengan etanol dapat dilihat pada diagram reaksi menurut Gay-Lussac sebagai berikut:  $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$  (satu mol glukosa menghasilkan 2 mol etanol dan 2 mol karbondioksida, atau dengan perbandingan bobot tiap 180 g glukosa akan menghasilkan 90 g etanol). Bio-etanol dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar minyak (BBM) tergantung dari tingkat kemurniannya. Bio-etanol dengan kadar 95-99% dapat dipakai sebagai bahan substitusi premium (bensin), sedangkan kadar 40% dipakai sebagai bahan substitusi minyak tanah (Nurianti, 2007). Dalam kurun waktu 2007-2010, pemerintah menargetkan mengganti 1,48 miliar liter bensin dengan bio-etanol sesuai dengan Peraturan

Pemerintah No.5/2006. Diperkirakan kebutuhan bio-etanol akan meningkat 10% pada tahun 2011-2015, dan 15% pada 2016-2025 (Nurianti, 2007).

Bahan baku yang dapat dipergunakan dalam pembuatan bio-etanol antara lain nira bergula (nira tebu, nira nipah, nira sorgum manis, nira kelapa, nira aren, nira siwalan), bahan berpati (antara lain sagu, singkong/gaplek, ubi jalar, ganyong, garut), bahan yang mengandung minyak lemak (jarak, nyamplung, kepuh) dan lignoselulosa (kayu, jerami, batang pisang, bagas). Saat ini bahan baku yang digunakan untuk pembuatan bio-etanol lebih banyak memakai ubi kayu (singkong), jagung, dan tetes tebu (Bustaman, 2008). Sedangkan tepung sagu masih jarang digunakan. Potensi hutan alam sagu di Indonesia sangat luas, namun belum banyak dimanfaatkan secara optimal. Untuk kebutuhan pangan hanya memerlukan sekitar 5% dari potensi yang ada, sehingga memberikan peluang untuk memanfaatkan sebagian besar potensi yang tersisa sebagai salah satu bahan baku bio-etanol. Sagu (*Metroxylon* spp.) berpotensi menjadi bio-etanol (BBN) karena kandungan karbohidratnya cukup tinggi 85% dibandingkan dengan jagung (71%), dan ubi kayu (24%). Namun demikian, produksi bio-etanol yang dihasilkan dari sagu masih di bawah kedua bahan di atas, yaitu sekitar 90 L setiap tonnya (Nurdyastuti, 2010). Untuk itu perlu diupayakan agar dapat meningkatkan rendemen bio-etanol melalui perbaikan tahap hidrolisis dan fermentasi serta pembuatan ragi lokal yang spesifik pada sagu sehingga diperoleh bio-etanol dengan rendemen yang lebih baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis jamur dan ragi, perbanyak dan kinerjanya yang dapat digunakan dalam proses hidrolisis dan fermentasi dalam pembuatan bioetanol dari sagu.

## Bahan dan Metode

### Koleksi ragi

Koleksi ragi dilakukan dengan metode purposive sampling yaitu mencari, mengumpulkan, dan mengamati ragi yang dijual di pasar tradisional, pasar swalayan dan supermarket di berbagai tempat di Indonesia antara lain Jawa Barat, Jawa Tengah, Kalimantan Tengah, Kalimantan Timur, Makasar, Toraja, Sumatera Utara, Mataram.

Pembuatan ragi dipakai tiga cara, yaitu:

1. Ragi A dibuat dengan mencampurkan 250 g tepung ketan, 10 g lada halus, 5 g lengkuas halus, 10 g cabe jawa halus, 10 g tepung *garlic* dan 250 ml nira aren. Semua bahan dicampurkan merata lalu difermentasikan selama 24 jam dan dikeringkan dengan sinar matahari. Penambahan tepung *garlic* dan lengkuas dimaksudkan untuk merangsang pertumbuhan *yeast* dan mencegah kontaminasi mold dan jamur lain.
2. Ragi B dibuat dengan mencampurkan minuman khas Toraja yang disebut Ballo' ke dalam tepung sagu dengan perbandingan 1:1 untuk mendapatkan ragi aktif dari dalam minuman tersebut ketika masih dalam proses fermentasi. Campuran dibiarkan pada suhu kamar selama 24 jam lalu dikeringkan dengan sinar matahari.
3. Ragi C dibuat dengan memperbanyak yeast *Saccharomyces cereviceae* dalam tepung malt. Biakan *S. cereviceae* ditumbuhkan dalam media *yeast extract agar pepton* steril dalam cawan petri lalu diinkubasikan selama 5 hari. *Yeast* yang tumbuh dirontokkan menggunakan spatula lalu dicampurkan ke dalam malt-extract Difco sebanyak 10 g per cawan kemudian disimpan dalam lemari pendingin.

Aktivitas ragi diuji menggunakan larutan gula 20% ditambah 0,5 g ragi dimasukkan ke dalam gelas, lalu ditutup dan dibiarkan semalam, kemudian diamati terbentuknya gelembung udara yang muncul ke permukaan, yang menandakan adanya aktivitas ragi merombak gula. Selanjutnya disaring dan diperoleh data volume *beer*.

### Uji fermentasi ragi terhadap sagu

Bahan utama yang digunakan adalah tepung sagu aren (*Arenga pinnata*) dan sagu kirai (*Metroxylon rumphii*) serta ragi. Teknologi produksi bio-etanol mangacu metode yang dilakukan sebelumnya (Anonim, 2008). Alir proses pengujian untuk persiapan proses fermentasi adalah seperti berikut:

1. Proses Likuifikasi. Pembuatan suspensi sagu dilakukan dengan mencampurkan tepung sagu dan air. Sagu dibuat dalam berbagai tingkat keenceran mulai dari 3:1 4:1, lalu 5:1, dan seterusnya sehingga didapat adonan yang dirasa pas yaitu 10:3 (air:sagu). Adonan yang sudah dicampur secara homogen ditambahkan enzim alfa amylase. Suspensi sagu diatur pH-nya antara 6,2–6,4 dengan penambahan 21% NaOH dan 1% CaCl<sub>2</sub> sebagai stabilisator pH. Kandungan Ca<sup>2+</sup> dalam larutan tersebut sebesar 60–150 ppm. Kemudian dimasak pada suhu 105°C agar terjadi proses dekstrinasi. Suspensi di uji iod untuk mengetahui degradasi pati. Jika pati tersebut telah terdegradasi menjadi dekstrin maka suhunya diturunkan menjadi 60°C.
2. Proses Sakarifikasi. Larutan likuifikasi selanjutnya ditambah enzim amiloglukosidase untuk memecah rantai dekstrin menjadi glukosa, pada pH 4,0–6,0. Selama proses dilakukan pengadukan untuk menghomogenkan enzim. Proses sakarifikasi membutuhkan waktu selama 24 jam. Kadar gula terlarut yang berpotensi untuk difermentasikan menjadi etanol diukur dengan refraktometer dan dinyatakan dalam nilai Brix.
3. Proses Fermentasi. Setelah proses sakarifikasi dan menghasilkan glukosa maka proses dilanjutkan dengan fermentasi menggunakan fermentor, dengan ragi A, B, C masing-masing sebanyak 5% volume setiap perlakuan. Identifikasi awal terjadinya proses fermentasi yaitu ditandai dengan terbentuknya gelembung udara akibat terlepasnya CO<sub>2</sub> dari dalam bahan yang difermentasikan oleh aktivitas ragi. Proses fermentasi membutuhkan waktu selama 48–72 jam.
4. Proses Destilasi. Hasil fermentasi selanjutnya didestilasi menggunakan destilator berpendingin tegak dengan pemanas *hot plate* untuk memisahkan produk etanol dari komponen lainnya. Prinsip proses destilasi yaitu penguapan etanol pada suhu di bawah titik didih air (100°C), sedangkan titik didih etanol adalah 78,3°C. Kadar etanol yang dihasilkan diukur dengan alat *gas chromatography*. Kemampuan ragi dalam membentuk bio-etanol ditentukan berdasarkan banyaknya etanol yang dihasilkan.

### Hasil dan Pembahasan

Hasil koleksi ragi yang digunakan dan beredar di masyarakat tercantum pada Tabel 1. Dari hasil koleksi tersebut diperoleh tiga kelompok ragi lokal yang dibuat secara tradisional dengan menjaring ragi alam melalui rekayasa media tumbuh yaitu ragi Jawa, ragi Banjar, dan ragi Toraja, serta dua jenis kayu yang secara alami dipercaya mampu memproses nira menjadi minuman

beralkohol yaitu kayu raru (Sumatera Utara) dan kayu bayur (*Pterospermum javanicum*) (Sumba). Menurut Pasaribu (2009) beberapa jenis kayu yang digolongkan sebagai kayu raru, antara lain *Shorea maxwelliana* King, *Shorea faguetiana* Heim, *Cotylelobium melanoxylon* Pierre., *Vatica songa* V.Sl. dari famili Dipterocarpaceae dan *Garcinia* sp. dari famili Guttiferae. Selain itu terdapat pula ragi impor dengan kandungan utama *Saccharomyces cereviceae* yang biasa dipakai dalam pembuatan roti dan *beer*. Mikroba yang dominan dalam ragi tersebut adalah *S. cereviceae*, akan tetapi banyak mikroba lain yang mengkontaminasi ragi sebagai mikroorganisme ikutan antara lain dijumpai *Mucor*, sp., *Aspergillus* sp., *Rhizopus* sp. dan masih banyak lagi yang belum teridentifikasi. Tiga jenis mikroba yang disebut terakhir juga merupakan fermenter namun tidak mampu memproduksi etanol dari glukosa dan karbohidrat seperti *S. cereviceae* murni yang diimpor yang pada pemakaiannya didahului dengan enzim amylase.

Hasil pengamatan kondisi larutan sugu yang telah difermentasi dan volume *beer* disajikan pada Tabel 2. Volume *beer* tertinggi pada ragi B dosis 2,5% yakni 600 ml sedangkan volume *beer* paling rendah pada ragi C dosis 7,5% yaitu 200 ml. Nilai brix tertinggi didapat dari ragi C dengan dosis 7,5 g yaitu 22, dan nilai brix terendah adalah 12 terjadi pada ragi B dosis 2,5%. Nilai brix yang menunjukkan besarnya zat padat terlarut yang diasumsikan sebagai gula yang terkandung dalam bahan yang akan difermentasi ragi menjadi etanol (Kuswurj, 2008). Dengan demikian, semakin besar nilai brix maka akan semakin besar pula peluang untuk menghasilkan lebih banyak etanol dari bahan tersebut. Disamping itu, faktor ragi juga berpengaruh terhadap banyaknya etanol yang dihasilkan. Oleh karena itu, nilai brix sering digunakan untuk menentukan kadar etanol teoritis. Sugu yang telah difermentasi memiliki pH tertinggi (netral) yaitu 6 (ragi A), ragi B 7,5%, dan ragi C 2,5%, sedangkan pH terendah (asam) terjadi pada sugu yang difermentasi ragi C 5% (pH 4)

**Tabel 1.** Koleksi ragi yang beredar di beberapa kota di Indonesia

No	Nama dagang	Media ragi		Mikroba/enzim		Keterangan
		Utama	Tambahan	Utama	Ikutan	
1	ABC	beras	Pati	<i>Saccharomyces</i> sp.	Fungi	Ijin dagang
2	LBC	beras	Pati	<i>Saccharomyces</i> sp.	Fungi	Ijin dagang
3	Cap gedang	beras	Pati	<i>Saccharomyces</i> sp.	Fungi	Ijin dagang
4	Cakra	beras	-	<i>Saccharomyces</i> sp.	Fungi	Ijin Depkes
5	Cianjur 1	beras	Bawang putih, Asam sitrat	<i>Saccharomyces</i> sp.	Fungi, bakteri	Tidak berijin
6	Tator 1	beras	Bawang putih, jeruk	<i>Saccharomyces</i> sp.	Fungi, bakteri	Tidak berijin
7	Banjar	beras	Bawang putih, Asam sitrat	<i>Saccharomyces</i> sp.	Fungi, bakteri	Tidak berijin
8	NKL	beras	Bawang putih, merica, lengkuas	<i>Saccharomyces</i> sp.	Fungi	Ijin Depkes
9	MK	beras	-	<i>Saccharomyces</i> sp.	Fungi	Ijin Depkes
10	Pakmaya	terigu	CMC	Enzim <i>Saccharomyces cereviceae</i>	*	Impor
11	Haan	terigu	CMC	<i>S. cereviceae</i>	*	Impor
12	Mauripan	terigu	Vitamin C, CMC	<i>S. cereviceae</i>	*	Impor
13	Mero	pati	Kedelai, malt, asam askorbat	<i>S. cereviceae</i>	Amylase, hemiselulase	Impor

14	Fermipan	terigu	Asam skorbat	<i>S. cereviceae</i>	*	Impor
15	S.I.Lesaffre	terigu	Monostearat, asam askorbat, CMC	<i>S. cereviceae</i>	*	Impor
16	Toraja 2	nira	-	<i>Saccharomyces</i> sp.	Bakteri, fungi	Cair, tidak terdaftar

Keterangan: \* = tidak dianalisa, - = tidak ada data

**Tabel 2.** Rata-rata hasil pengukuran kondisi larutan sagu pada saat selesai fermentasi

Ragi	Dosis ragi (g)	Suhu fermentasi (°C)	Nilai Brix	pH	Volume beer (ml)
A	2,5	27	14±0,5	6±0	500
	5,0	27	13±0,6	6±0	500
	7,5	27	14±0,5	6±0	450
B	2,5	27	12±1,0	5±0,5	600
	5,0	27	13±0,6	5±0,5	550
	7,5	27	14±0,5	6±0,5	510
C	2,5	27	15±0,6	6±0,5	400
	5,0	27	14±0,6	4±1,0	400
	7,5	27	22±0,4	5±1,0	200

Keterangan: ± = simpangan baku dari rata-rata 3 ulangan

*Beer* yang diperoleh dari penyaringan kemudian di suling untuk mendapatkan alkohol. Pada dosis ragi 2,5 g, walaupun nilai brix *beer* hampir sama dengan yang menggunakan ragi 5 g dan 7,5 g namun volume cairan hasil penyulingan yang diperoleh sangat sedikit. Nilai brix menggambarkan kandungan gula potensial yang dapat difermentasi menjadi alkohol. Selanjutnya diputuskan bahwa pengukuran kadar etanol dilakukan terhadap sampel yang menggunakan ragi 5 g dan 7,5 g.

Rata-rata kadar rendemen etanol dalam sagu setelah difermentasikan dengan ragi disajikan pada Tabel 3. Dari hasil analisis kadar etanol menunjukkan bahwa kemampuan ragi hasil koleksi masih lebih rendah dibandingkan dengan ragi kontrol (impor) yang berisi *S. cereviceae* di dalam ekstraks malt. Ragi impor merupakan ragi komersil yang kapabilitasnya sudah direkayasa sehingga lebih kuat dalam fermentasi. Berdasarkan komposisi kimia ragi impor mengandung enzim glukonase, alfa-amilase, beta-amilase, dan bahan lain yang tidak dinyatakan secara jelas. Diduga faktor kemurnian ragi dan ketahanan ragi terhadap kandungan etanol hasil fermentasi ragi yang bersangkutan itu berpengaruh terhadap kadar etanol sagu pada akhir fermentasi. Menurut Ahring & Westermann (2007) *S. cereviceae* merupakan organisme yang bersifat tahan terhadap etanol (*etanol resistant*) dalam fermentasi. Seperti dinyatakan Yeast Virtual Library (2010) bahwa ragi yang baik mampu memfermentasi gula menjadi etanol antara 15-18%, ini berarti kemampuan ragi C sudah dapat dimasukkan ke dalam kelompok ragi tersebut.

Pada ragi C dihasilkan etanol 14,7% dari bahan baku tepung sagu aren (*Arenga pinnata*). Sehingga dapat diasumsikan jika dari satu ton sagu dapat dihasilkan 14,7% dari 1000 kg = 147 kg etanol atau setara ± 179 L (dengan asumsi berat jenis 0,82). Jika dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya yang menghasilkan etanol 90 L per ton sagu (Nurdyastuti, 2010) maka ragi C cukup memberikan harapan untuk dikembangkan. Sedangkan ragi C dengan bahan baku

sagu kirai (*Metroxylon rumphii*) dapat menghasilkan 16,4% dari 1000 kg = 164 kg atau setara 200 L (dengan asumsi berat jenis etanolnya 0,82). Namun berdasarkan uji coba di laboratorium masih jauh di bawah ragi komersil yang dimpor yaitu sekitar 573 L etanol per ton sagu. Oleh karena itu masih diperlukan upaya perbaikan kualitas ragi lokal hasil koleksi dan yang dibuat sendiri misalnya dengan memanipulasi kemampuan tumbuh, ketahanan terhadap alkohol atau jika mungkin digabungkan dengan jamur perombak lignin dan selulosa sehingga dapat dimanfaatkan untuk fermentasi limbah lignoselulosa.

Data kadar rendemen etanol yang berasal dari sagu aren dan sagu kirai disajikan pada Tabel 3. Kadar etanol yang dihasilkan jauh lebih rendah dibandingkan dengan kontrol yang besarnya 47% untuk sagu aren dan 28 % untuk sagu kirai. Rata-rata kadar rendemen etanol dari sagu aren dan kirai yang difermentasikan menggunakan ragi C sebanyak 5% masing-masing yaitu 14,77% dan 16,45%, memberikan harapan yang optimis sehingga tepung sagu aren dan kirai dapat digunakan sebagai bahan pembuatan bioetanol. Masyarakat Jawa Barat, khususnya Sukabumi dan Banten menganggap tabu untuk mengambil sagu kirai sehingga tidak/jarang ditebang meskipun pohonnya sudah tinggi. Melihat potensi tegakan kirai yang banyak terdapat di wilayah tersebut maka pemanfaatan sagunya untuk uji fermentasi kemungkinan tidak berebut dengan kepentingan masyarakat.

**Tabel 3.** Rata-rata kadar etanol sagu aren dan kirai setelah difermentasikan dengan ragi 5%

Jenis ragi	Rendemen etanol (%)	
	Sagu aren ( <i>Arenga pinnata</i> )	Sagu kirai ( <i>Metroxylon rumphii</i> )
A	8,29±1,5	5,22±2,1
B	2,42±1,4	2,07±1,4
C	14,77±1,2*	16,45±2,3*
Ragi Perancis (Kontrol)	47,00±5,00	

Keterangan: ± = simpangan baku dari rata-rata 3 ulangan

Pada Tabel 4, hasil pengamatan secara laboratoris didapatkan beberapa jenis mikroorganisme yang tumbuh pada ragi A antara lain *Aspergillus sp.*, *Chlamydomucor sp.*, *Rhizopus sp.*, *Mucor sp.*, *Candida sp.*, *S. cerevicae*, *Saccharomyces sp.*, dan *Trichoderma sp.*, serta banyak koloni yang tidak teridentifikasi. Sedangkan pada ragi B terdapat *Saccharomyces sp.*, *Acetobacter sp.*, dan bakteri berbentuk bacill (batang) dan coccus (bulat) serta koloni jamur lain yang tidak teridentifikasi, dan pada perbanyakan ragi C tidak terdapat kontaminasi mikroorganisme lain.

**Tabel 4.** Koloni mikroba yang ditemukan pada ragi

Ragi	Mikroba	
A	<i>Saccharomyces sp.</i>	<i>Aspergillus sp.</i> , <i>Chlamydomucor sp.</i> , <i>Rhizopus sp.</i> , <i>Mucor sp.</i> , <i>Candida sp.</i> , <i>Trichoderma sp.</i>
B	<i>Saccharomyces sp.</i>	<i>Acetobacter sp.</i> , dan bakteri <i>Bacillus sp.</i> serta koloni jamur
C	<i>Saccharomyces sp.</i>	-

Keterangan : - = tidak ada mikroorganisme ikutan

Adanya koloni jamur dan bakteri pada ragi diduga berpengaruh terhadap hasil fermentasi meskipun beberapa jenis jamur tersebut juga merupakan mikroba fermentor yang mampu merombak selulosa dan karbohidrat menjadi gula bahkan menjadi etanol seperti *Aspergillus* sp., *Rhizopus* sp., dan *Mucor* sp. (Chemiawan, 2007). Khusus pada ragi B terdapat *Acetobacter* sp. yang diduga mampu merubah etanol menjadi cuka jika masa proses optimal fermentasi terlampaui. Pada lama waktu fermentasi 72 jam kemungkinan *Acetobacter* tersebut mulai aktif. Menurut Chemiawan (2007) mikro organisme yang digunakan dalam fermentasi alkohol adalah bakteri (*Clostridium acetobutylicum*, *Klebsiella pneumoniae*, *Leuconoctoc mesenteroides*, *Sarcina ventriculi*, *Zymomonas mobilis*), fungi (*Aspergillus oryzae*, *Endomyces lactis*, *Kloeckera* sp., *Kluyreromyces fragilis*, *Mucor* sp., *Neurospora crassa*, *Rhizopus* sp., *Saccharomyces beticus*, *S. cerevisiae*, *S. ellipsoideus*, *S. oviformis*, *S. saki*, *Torula* sp).

Ragi komersil yang paling populer diandalkan untuk pembuatan bioethanol adalah *S. cerevisiae* (Chandel et al., 2007), yang menggunakan berbagai nama dagang dengan berbagai strain antara lain *S. oviformis*, *S. italicus*, *S. capensis*, *S. uvarum* var. *melibiosus* (NCBI, 2010). Pada kondisi optimal *S. cerevisiae* mampu merombak gula menjadi etanol antara 15-18% (Yeast Virtual Library, 2010). Dengan demikian pada dosis 5% ragi C termasuk kelompok ragi memiliki kapasitas mampu merombak gula menjadi etanol secara optimal diikuti oleh ragi A.

### Kesimpulan

Hasil koleksi didapatkan ragi tiga kelompok ragi lokal yaitu ragi Jawa, ragi Banjar, dan ragi Toraja; ragi impor dengan kandungan utama *Saccharomyces cereviceae*; serta dua jenis kayu yang secara alami mampu memproses nira menjadi minuman beralkohol yaitu kayu raru (Sumatera Utara) dan kayu bayur (*Pterospermum javanicum*) (Sumba). Volume *beer* tertinggi pada ragi B dosis 2,5% yakni 600 ml sedangkan volume *beer* paling rendah adalah 200 ml. Nilai brix tertinggi didapat dari ragi C dengan dosis 7,5 g yaitu 22, berpeluang menghasilkan lebih banyak etanol dari bahan tersebut dan nilai yang terendah yakni 12 terjadi pada ragi B dosis 2,5%. Rata-rata rendemen etanol dari sagu aren (*Arenga pinnata*) dan sagu kirai (*Metroxylon rumphii*) yang difermentasikan menggunakan ragi C sebanyak 5% masing-masing yaitu 14,77% dan 16,45%, memberikan harapan yang optimis sehingga sagu aren dan kirai dapat digunakan sebagai bahan pembuatan bioetanol. Ragi dari penelitian ini yang memiliki kinerja paling bagus yaitu ragi C (*Saccharomyces* sp.) yang dapat diasumsikan akan menghasilkan etanol 179 L per ton sagu aren (*Arenga pinnata*) dan 200 L etanol per ton kirai (*Metroxylon rumphii*). Jenis jamur dan ragi yang berhasil diidentifikasi untuk pembuatan bioetanol adalah *Aspergillus* sp., *Rhizopus* sp., *Mucor* sp., dan *Saccharomyces* sp.

### Daftar Pustaka

- Ahring BA, Westermann. 2007. Coproduction of bioethanol with other biofuels. *Advanced Biochemical Engineering Biotechnology* **108**: 289-302.
- Anonim. 2008. Apa itu bio-etanol? [http://siagroenergi.com/index.php?page = Bioetanol](http://siagroenergi.com/index.php?page=Bioetanol). Diakses 9 Pebruari 2010.

- Bustaman S. 2008. Strategi pengembangan bio-etanol berbasis sagu di Maluku. *Perspektif* 7(2): 65-79. ISSN: 1412-8004.
- Chandel AK, Chan ES, Rudravaram R, Narasu ML, Rao LV, Ravindra P. 2007. Economics and enviromental impact of bioethanol production technologies: an appraisal. *Biotechnology and Molecular Biology Review* 2(1): 014-032.
- Chemiawan T. 2007. Krisis energi dan globalisasi. Diakses 9 Pebruari 2010 dari <http://mahasiswaanegarawan.wordpress>.
- Dermibas A. 2005. Bioethanol from Cellulosic Materials: A renewable motor fuel from biomass. *Energy Sources* 27: 227-237.
- Kuswurj R. 2008. Pengertian brix dan pol. [http://www.risvank.com/pengertian\\_brix\\_dan\\_pol\\_dalam.html](http://www.risvank.com/pengertian_brix_dan_pol_dalam.html). Diakses tanggal 26 Februari 2013.
- NCBI. 2010. *Saccharomyces cerevisiae*. Diakses 3 Oktober 2010 dari <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/>
- Nurdyastuti I. 2010. Teknologi proses produksi bio-ethanol, prospek pengembangan biofuel sebagai substitusi bahan bakar minyak. Diakses 9 Pebruari 2010.
- Nurianti Y. 2007. Pasok langsung ke pertamina? <http://www.trubus-online.com>, Diakses 9 Pebruari 2010.
- Pasaribu GT. 2009. Zat ekstraktif kayu raru dan pengaruhnya terhadap penurunan kadar gula darah secara in vitro. *Central Library of Bogor Agricultural University*. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/4448>
- Yeast Virtual Library. 2010. *Saccharomyces cerevisiae*. Diakses 13 Desember 2010 dari <http://www.yeastgenome.org/>

# Penapisan dan Uji Ekstrak Daun Tumih (*Combretocarpus rotundatus* (Miq.) Danser) terhadap Aktivitas Larvasida Nyamuk *Aedes Aegypti*

Renhart Jemi, Royda Dara<sup>1</sup>, Ertini Damanik<sup>2</sup>, & Lies Indrayanti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Palangka Raya, Palangka Raya, Indonesia Kalimantan Tengah

<sup>2</sup>Mahasiswa Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Palangka Raya, Indonesia Kalimantan Tengah

Email: [jemi@for.upr.ac.id](mailto:jemi@for.upr.ac.id), [roydadara6@gmail.com](mailto:roydadara6@gmail.com)

## ABSTRAK

Penelitian bertujuan mengetahui kandungan ekstrak daun tumih dan kemampuan aktivitas larvasida *Aedes aegypti*. Analisis data menggunakan Analisis Probit. Daun tumih di maserasi dan difraksinasi dengan pelarut metanol, n-heksan, etil asetat, dan etanol. Masing-masing pelarut dilakukan aktivitas uji larvasida dengan konsentrasi 0, 5, 10, 25, 50, 75, 100 ppm dengan dua ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak daun tumih berpengaruh terhadap mortalitas larva *Aedes aegypti*. Mortalitas tertinggi pada ekstrak metanol yaitu konsentrasi 50 ppm 30%. Pada ekstrak n-heksan kematian tertinggi pada konsentrasi 50 ppm yaitu 30%. Selanjutnya ekstrak etil asetat kematian tertinggi terdapat pada konsentrasi 25 ppm yaitu 60%. Persentase mortalitas tertinggi pada 75 ppm 35%. Kontrol positif keseluruhan ekstrak tidak menunjukkan adanya kematian atau 0 %. Kontrol negatif digunakan yaitu dengan bahan kimia abate Temephos (50 ppm) menunjukkan 100% kematian larva. Ekstrak etil asetat daun tumih LC<sub>50</sub> yaitu 24,54 ppm. Ekstrak etil asetat dianalisis FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi C-H alkana, C=C aromatic.

**Kata kunci** : *Aedes aegypti*, ekstrak daun tumih, mortalitas, larvasida, probit LC<sub>50</sub>

## Pendahuluan

Demam berdarah (DBD) merupakan masalah kesehatan yang serius, penyakit ini disebabkan nyamuk *Aedes aegypti* yang membawa virus *dengue*. Mengatasi permasalahan perkembangan nyamuk penyebab penyakit demam berdarah selama ini yang dilakukan oleh masyarakat adalah metode semprot dan fogging (Wahyono, 2016). Namun metode insektisida ini berdampak pada pencemaran lingkungan, membunuh organisme non target, menimbulkan resistensi pada vektor nyamuk dan sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Oleh karena itu untuk mengurangi dampak negatif terhadap kesehatan perlu pencegahan penyebab demam berdarah ini memerlukan insektisida alami yang berasal dari tanaman seperti batang, daun, biji, akar dan buah yang melimpah dan mudah didapat. Salah satu jenis yang diduga berpotensi dapat digunakan sebagai insektisida alami adalah daun tumih. Pemberian ekstrak methanol daun tumih pada konsentrasi 62,5 ppm memiliki daya hambat minimal (MIC) terhadap bakteri *S.aureus* dan MIC terhadap *E.coli* pada konsentrasi 250 ppm (Kissinger *et al.*, 2013).

Pohon tumih merupakan tegakan yang banyak tumbuh pada daerah hutan kerangas. Tumih merupakan jenis pionir pada lahan bekas berbagai aktifitas seperti penambangan pasir

kuarsa dan tanah urug, pemungutan kayu dan hasil hutan lainnya, kebakaran hutan dan lahan serta konversi lahan (Kissinger *et al.*, 2013). Jumlah individu pohonnya melimpah pada hutan sekunder atau hutan dengan kanopi terbuka, tetapi memiliki ukuran kecil dan bentuk pohonnya memiliki cabang yang banyak, oleh karenanya sebagian masyarakat lokal memanfaatkan pohon tumih sebagai bahan bakar, konstruksi interior, dan bantalan lori (Rifsi, 2014). Pohon tumih juga merupakan salah satu tumbuhan yang masih belum tereksplorasi melalui pengetahuan masyarakat lokal yang memiliki bioaktivitas sebagai bahan pengobatan (Kissinger *et al.*, 2013). Nilai komersil yang rendah membuat masyarakat masih banyak mengabaikan potensi yang dimiliki oleh pohon tumih. Potensi pohon tumih telah banyak diungkapkan seperti pada penelitian berikut yang mengemukakan bahwa keawetan alami kayu tumih dapat menghambat serangan rayap kayu kering, rayap tanah dan jamur pelapuk kayu (Limin, 2014).

Berdasarkan latar belakang di atas baik secara kualitas maupun kuantitas daun tumih berpotensi untuk dijadikan bahan alami sebagai penghambat aktivitas larvasida. Namun informasi yang berkaitan tentang senyawa kimia yang diduga terdapat dalam ekstrak daun pohon tumih masih belum lengkap. Sehingga perlu dilakukan penapisan dan uji ekstrak daun tumih untuk mengetahui daya hambat terhadap aktivitas larvasida nyamuk *Aedes aegypti*.

## **Bahan dan Metode**

### **Tempat dan Bahan**

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Universitas Palangka Raya untuk pembuatan ekstrak kasar, Laboratorium Kimia Analisis Universitas Muhammadiyah Palangka Raya untuk pembuatan ekstrak maserasi dan fraksinasi. Pengujian larvasida di Laboratorium Entomologi P2B2 Tanah Bumbu Kalimantan Selatan. Laboratorium Kimia BATAN Tangerang Selatan untuk pengujian FTIR.

### **Penyiapan Sampel Daun**

Sampel uji diambil dari bagian daun pucuk tumih yang segar yang berasal (Kissinger *et al.* (2013)), dari hutan alam Kampus Jurusan Kehutanan UPR (H:2°13'31.97°S; V:113°52'2.01°). Identifikasi jenis dilakukan di Pusat Penelitian Biologi LIPI Cibinong. Daun dibuat serbuk daun berukuran 40-60 mesh dibuat dengan penggilingan dan penyaringan.

### **Maserasi dan Fraksinasi**

Simplisia daun tumih sebanyak 250 g dimaserasi dengan metanol dengan perbandingan 1:2 pada suhu ruangan pada tekanan 1 atm. Setiap tiga jam sekali dilakukan pengadukkan. Proses maserasi selesai apabila diperoleh filtrat bening. Ekstrak metanol daun tumih yang diperoleh diuapkan dengan *rotary evaporator* pada suhu 40°C dan tekanan 1 atm untuk mendapatkan ekstrak kasarnya. Ekstrak dilakukan uji fitokimia untuk mengetahui senyawa metabolit sekunder.

Proses selanjutnya 20 g ekstrak kasar di fraksinasi bertingkat dengan pelarut pertama n-heksan. Campuran ekstrak kasar dikocok dalam corong pemisah selama 10-15 menit kemudian dibiarkan sampai terjadi pemisahan antara ekstrak dengan n-heksan. Pencampuran dilakukan

sampai filtrat menjadi bening. Pada tahap ini pemisahan sehingga diperoleh filtrat fraksi pelarut n-heksan dan residu. Selanjutnya residu yang didapat dilakukan fraksinasi kembali secara urut menggunakan pelarut etil asetat dan etanol. Filtrat ekstrak masing-masing fraksi dipekatkan lagi dengan *vacum rotary evaporator*.

## Uji Aktivitas Larvasida

### *Pemeliharaan Larva Nyamuk Aedes aegypti*

Larva *Aedes aegypti* diperoleh dari Balai Besar Pengembangan dan Penelitian Bersumber Binatang (P2B2), Tanah Bumbu Kalimantan Selatan. Larva *Aedes aegypti* yang dibutuhkan sebanyak 650 larva instar III. Pemeliharaan dan pengujian di Laboratorium Entomologi P2B2, Tanah Bumbu Kalimantan Selatan.

### *Pengadaan Larutan Stock*

Sebanyak 0,1 g ekstrak dilarutkan dalam 1 ml DMSO dan 9 ml aquadest dan fraksi larutan dalam pembuatannya yaitu diencerkan dengan menggunakan *aquadest* sehingga mendapatkan konsentrasi ekstrak sebesar 0, 5, 10, 25, 50, 75 dan 100 ppm.

### *Pengadaan Larva*

Persiapan kedua dari uji aktivitas larvasida yaitu mengambil larva yang mencapai instar III, kemudian dipisahkan ke dalam masing-masing cawan petri. Berdasarkan (Rumengan, 2010), sampel yang digunakan adalah 10 ekor larva per ulangan, dengan banyaknya pengulangan dua kali, dengan enam kelompok perlakuan, satu kontrol negatif dan satu kelompok kontrol positif (Abate 50 ppm) dalam satu ekstrak larutan.

### *Pengujian Aktivitas Larva*

Ekstrak dengan konsentrasi tertentu diuji aktivitas larvasida, dengan mengamati tingkat kematian larvasida. Pengamatan dilakukan sejak larva dimasukkan kedalam ekstrak masing-masing konsentrasi selama 24 jam dalam suhu ruang. Selanjutnya data tingkat kematian dihitung dengan rumus persentase jumlah kematian (mortalitas) larva berikut :

$$\% \text{ kematian} = \frac{\text{jumlah larva mati}}{\text{jumlah larva uji}} \times 100 \%$$

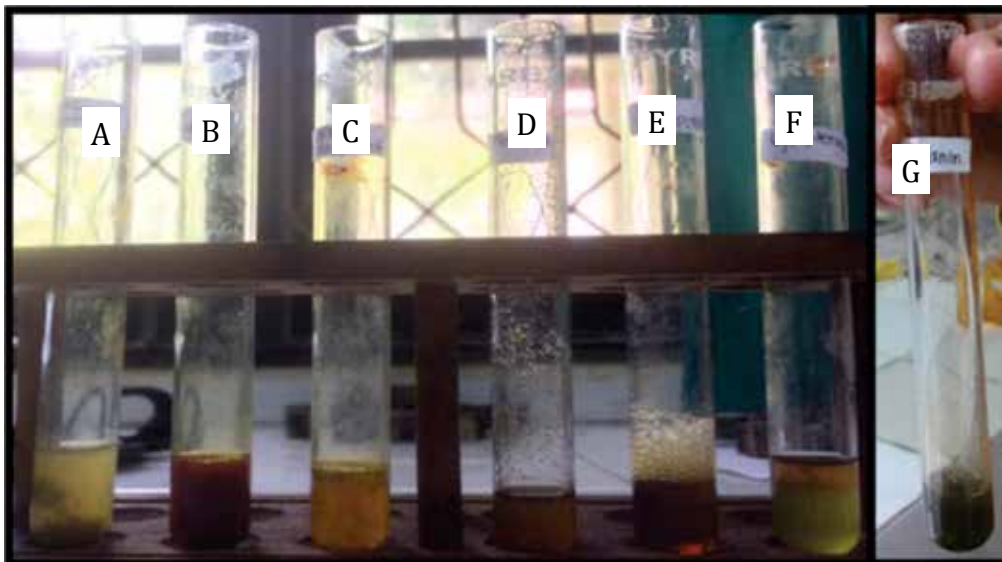
## Analisis Data

Data persentase kematian larvasida kemudian dianalisis probit nilai  $LC_{50}$ . Ekstrak teraktif dilakukan pengujian FTIR untuk mengetahui gugus fungsi dalam ekstrak daun tumih teraktif.

## Hasil dan Pembahasan

### Uji Fitokimia Ekstrak Metanol Daun Tumih

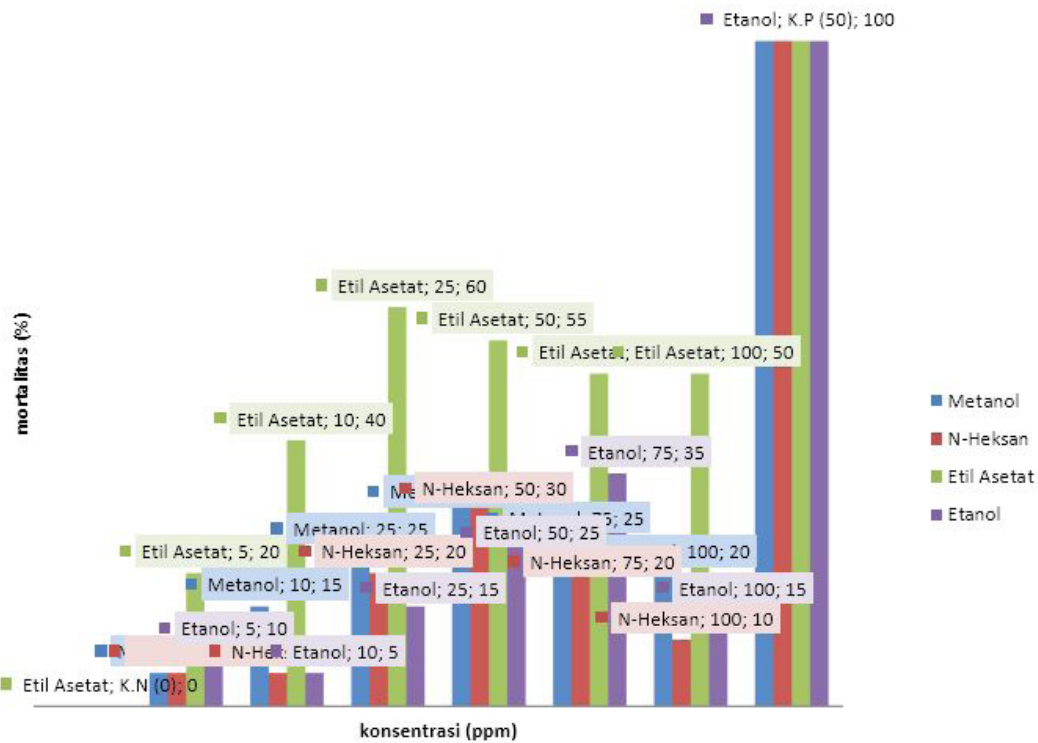
Hasil identifikasi senyawa fitokimia menunjukkan bahwa ekstrak metanol daun tumih positif mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, saponin, dan tanin. Hasil pengujian fitokimia senyawa metabolit sekunder ekstrak metanol daun tumih disajikan pada Gambar 1 di bawah ini:



**Gambar 1.** Hasil Uji Fitokimia Ekstrak Metanol Daun Tumih. Keterangan : a. Uji pereaksi mayer; b. Uji pereaksi wagner; c. Uji pereaksi dragendroff; d. uji flavonoid; e. uji saponin; f. uji steroid; g. uji tanin

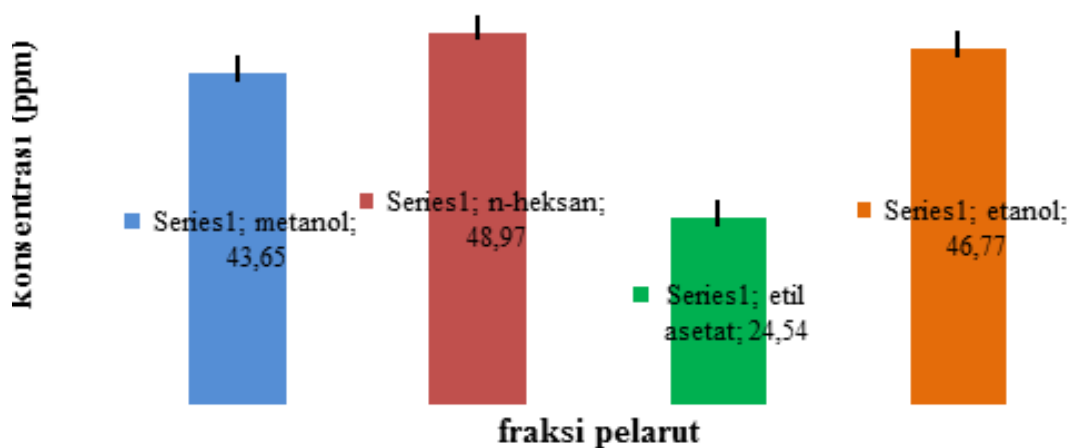
### Mortalitas Larvasida Ekstrak Daun Tumih

Uji mortalitas dilakukan untuk mengetahui tingkat kematian larva *Aedes aegypti* pada setiap ekstrak daun tumih. Persentase mortalitas pada setiap ekstrak daun tumih disajikan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik mortalitas larva *Aedes aegypti* pada keempat ekstrak daun tumih

Berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui bahwa kematian terendah pada pelarut metanol terdapat pada konsentrasi 5 ppm yaitu 5% dan kematian tertinggi terdapat pada konsentrasi 50 ppm yaitu 30%. Konsentrasi ekstrak metanol tertinggi kedua pada 25 dan 75 ppm dengan mortalitas 25%. Pada ekstrak n-heksan kematian terendah terdapat pada konsentrasi 5 dan 10 ppm yaitu 5% dan kematian tertinggi pada konsentrasi 50 ppm yaitu 30%. Konsentrasi n-heksan tertinggi kedua pada 25 dan 75 ppm dengan mortalitas 20%. Selanjutnya ekstrak etil asetat terdapat kematian terendah larva pada konsentrasi 5 ppm yaitu 20% dan kematian tertinggi terdapat pada konsentrasi 25 ppm yaitu 60%. Konsentrasi ekstrak etil asetat tertinggi kedua pada 50 dan 75 ppm dengan mortalitas 55% dan 50%.



**Gambar 3.** Hasil nilai LC<sub>50</sub> Ekstrak Daun Tumih

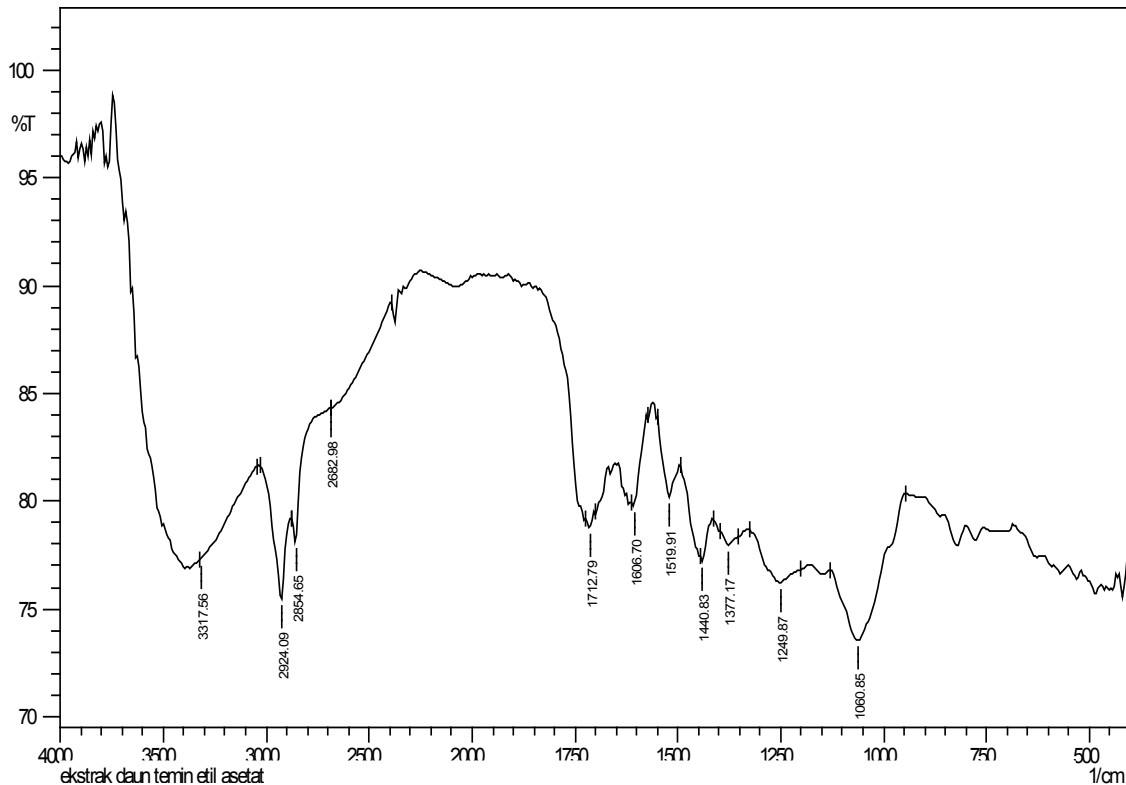
Hasil grafik (Gambar 3) menyatakan nilai paling optimum dalam mematikan 50% larva *Aedes aegypti* yaitu fraksi pelarut etil asetat sebesar 24,54 ppm. Fraksi larutan n-heksan nilai  $LC_{(50)} = 48,97$  ppm, merupakan nilai tertinggi tetapi tidak optimal mematikan larva nyamuk dibandingkan ketiga ekstrak lainnya. Etil asetat merupakan pelarut yang bersifat semi polar, sehingga senyawa yang terekstrak adalah senyawa-senyawa dengan tingkat kepolaran antara polar dan non polar (Putri *et al.*, 2013). Etil asetat memiliki toksisitas yang rendah, tidak higroskopis, dan mudah diuapkan (Wardani *et al.*, 2010). Senyawa-senyawa yang dapat terekstraksi dengan menggunakan pelarut etil asetat adalah flavonoid, tanin dan alkaloid (Tanaya *et al.*, 2013). Alkaloid merupakan *stomach poisoning* atau racun perut bagi larva *Aedes aegypti*. Mekanisme dari alkaloid yaitu mampu menghambat pertumbuhan serangga, terutama tiga hormon utama dalam serangga yaitu hormon otak (*brain hormone*), hormon edikson, dan hormon pertumbuhan (*juvenile hormone*). Tidak berkembangnya hormon tersebut dapat menyebabkan kegagalan metamorphosis. Cara kerja alkaloid adalah dengan bertindak sebagai *stomach poisoning* atau racun perut. Bila senyawa tersebut masuk dalam tubuh larva *Aedes aegypti* maka alat pencernaannya akan menjadi terganggu (Wardani *et al.*, 2010).

Senyawa berikutnya yang dapat terekstrak oleh etil asetat yaitu senyawa flavonoid. Flavonoid dapat merusak membran sitoplasma yang dapat menyebabkan bocornya metabolit penting dan menginaktifkan sistem enzim. Sistem enzim yang inaktif ini mengakibatkan fosfolipida tidak mampu mempertahankan bentuk membran sitoplasma akibatnya membran sitoplasma akan bocor dan larva akan mengalami hambatan pertumbuhan dan bahkan kematian (Adityo *et al.*, 2013).

Senyawa yang terekstrak dalam etil asetat yaitu tanin. Tanin bekerja dengan cara mengendapkan protein dan dapat merusak membran sel. Senyawa tanin merupakan senyawa organik yang aktif menghambat pertumbuhan mikroba dengan mekanisme merusak dinding sel mikroba dan membentuk ikatan dengan protein fungsional sel mikroba (Sudira *et al.*, 2011). Tanin memiliki kemampuan untuk mempresitasikan protein. Pada larva ini dapat menghambat protein yang diperlukan larva untuk pertumbuhan, sehingga dapat menyebabkan larva mati.

### **Hasil FTIR Ekstrak Teraktif Daun Tumih**

Ekstrak teraktif dalam persentase mortalitas larva yaitu ekstrak etil asetat daun tumih dengan mortalitas 60% pada konsentrasi 25 ppm. Peneliti selanjutnya mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada senyawa ekstrak etil asetat daun tumih. Grafik hasil analisis FTIR pada ekstrak etil asetat daun tumih disajikan pada Gambar 4.5



**Gambar 4.** Grafik Gugus Fungsi Ekstrak Etil asetat Daun Tumih

Berdasarkan Gambar 4.5 pada grafik menunjukkan adanya beberapa gugus fungsi. Hasil analisis gugus fungsi ini yaitu adanya tinggi pada daerah bilangan gelombang 3317,56  $\text{cm}^{-1}$  dan 2924,09  $\text{cm}^{-1}$  yang diduga merupakan senyawa alkana ( $\text{sp}^3 \text{C-H}$ ). Kemudian serapan sedikit tinggi pada daerah gelombang 2924,09  $\text{cm}^{-1}$  dan 2854,65  $\text{cm}^{-1}$  yang diidentifikasi juga senyawa alkana ( $\text{sp}^3 \text{C-H}$ ). Serapan tajam pada tinggi pada gelombang 2662,98  $\text{cm}^{-1}$  gelombang tersebut diidentifikasi sebagai gugus fungsi asam karbosilik dengan intensitas kuat ( $\text{O=H}$ ). Gelombang pada 2100- 2300  $\text{cm}^{-1}$  dengan pita melebar diidentifikasi sebagai Alkena dan nitril ( $\text{C}\equiv\text{O}$  dan  $\text{C}\equiv\text{N}$ ). Pada daerah gelombang 1712,79- 1900 yaitu Asam, aldehida, keton, amida, ester dan anhidrida dengan ikatan ( $\text{C=O}$ ). Daerah gelombang 1519,91  $\text{cm}^{-1}$  dan 1606,70  $\text{cm}^{-1}$  terdapat serapan tinggi yang merupakan gugus senyawa alifatik ( $\text{C=C}$ ) dan aromatik ( $\text{C=N}$ ). Kemudian pada gelombang 1440,83  $\text{cm}^{-1}$  sampai gelombang 1712,79  $\text{cm}^{-1}$  mempunyai serapan yang sama yaitu menunjukkan gugus fungsi aromatik ( $\text{C=C}$ ). Gelombang terakhir yang teridentifikasi yang mempunyai puncak serapan yang lemah yaitu gelombang 1249,87  $\text{cm}^{-1}$  sampai 1440,83 adalah serapan pada gugus fungsi ( $\text{C=C-H}$ ) luar bidang. Berdasarkan hasil penelitian Candra (2012) adanya gugus fungsi  $\text{C-H}$  alkana,  $\text{C=C}$  aromatik, diduga adanya senyawa alkaloid.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengujian Fitokimia Ekstrak Daun Tumih positif mengandung senyawa Alkaloid, Flavonoid, Saponin dan Tanin.
2. Uji mortalitas daun tumih diperoleh mortalitas larva *Aedes aegypti* yang tertinggi yaitu ekstrak etil asetat daun tumih dengan mortalitas 60% pada konsentrasi 25 ppm. Diikuti

oleh mortalitas larva pada fraksi larutan metanol dan n-heksan dengan mortalitas 30% pada konsentrasi 50 ppm dan mortalitas fraksi larutan etanol yaitu 35% pada konsentrasi 75 ppm.

3. Etil asetat merupakan ekstrak teraktif dalam mortalitas larva berdasarkan hasil uji probit dan nilai  $LC_{50}$ .
4. Identifikasi senyawa ekstrak etil asetat dengan FTIRadanyagugus fungsi C-H alkana, C=C aromatik.

### Daftar Pustaka

- Adityo R, Kurniawan B, Mustofa S. 2013. Uji Efek Fraksi Metanol Ekstrak Batang Kecombrang (*Etlintera elatior*) Sebagai Larvasida Terhadap Larva Instar III *Aedes aegypti*. Medical Journal of Lampung University ISSN 2337-3776: Hal 156-164.
- Chandra R. A. 2012. Isolasi Uji Aktivitas Antioksi dan Senyawa Alkaloid dari Ekstrak Daun *Phoebe decliana* Ness. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, UI. Depok.
- Kissinger, Evrizal AM, Zuhud, Latifah K, Darusman, Iskandar. 2013. Penapisan Senyawa Fitokimia Dan Pengujian Antioksidan Ekstrak Daun Pohon Merapat (*Combretocarpus rotundatus* (Miq.) dari Hutan Kerangas., Jurnal Penelitian Hasil Hutan Vol. **31** No. 1, Maret 2013: 9-18ISSN: 0216-4329.
- Putri, WS, Warditiani NK, Larasanty LPF. 2013. Skrinning Fitokimia Ekstrak Etil Asetat Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana* L.). Jurusan Farmasi Universitas Udayana. Bali.
- Sudira I W, Merdana I, Wibawa I. 2011. Uji Daya Hambat Ekstrak Daun Kedondong (*Lannea Grandis Engl*) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Erwinia carotovora*. Buletin Veteriner Udayana, **3**(1), 45-50.
- Tanaya, Vivi, Retnowati R, Suratmo. 2015. Fraksi Semipolar dari Daun Mangga Kasturi. Kimia Student Journal, 1 (1): 778-784.
- Wahyono TY, Oktarinda MW. 2016. Penggunaan Obat Nyamuk dan Pencegahan Demam Berdarah di DKI Jakarta dan Depok. Jurnal Epidemiologi Kesehatan Indonesia Vol **1** (1):35-40.

# Teknik Pemisahan Getah Pinus Hasil Sadapan Metode Bor

*Sukadaryati<sup>1</sup> & Novinci Muharani<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Peneliti pada Pusat Litbang Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan,  
Jl. Gunung Batu No. 5 Bogor 16610. *E-mail:* [daryatielin@yahoo.co.id](mailto:daryatielin@yahoo.co.id)

<sup>2</sup>Peneliti pada Pusat Litbang Perhutani

## ABSTRAK

Inovasi akan peningkatan produi getah pinus yang berkualitas namun dapat meminimalkan kerusakan batang pohon diperlukan untuk memenuhi kesinambungan hasil getah. Salah satu cara yang ditempuh dengan melakukan kegiatan penyadapan pohon pinus bocor getah dengan metode sadapan bor. Namun demikian terdapat kendala dalam hal pemisahan getah dari plastik penampungnya. Dalam tulisan ini akan diuraikan tentang teknik pemisahan getah pinus dari plastic tempat penampungnya, yang efektif dan efisien. Metode penelitian berupa proses pemisahan (P) yang terdiri dari P1=dipanaskan dan P2=tidak dipanaskan; waktu simpan getah terdiri dari 50 hari (A); 30 hari (B) dan 22 hari (C). Masing-masing perlakuan dilakukan 3 kali ulangan dengan jumlah sampel sebanyak 36. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknik pemisahan getah dari plastik penampungnya dapat dilakukan semua metode yang dikaji. Penggunaan metode pemanasan pada suhu 70°C dengan pelarut terpentin : aquades = 50 : 50% akan lebih baik digunakan berdasarkan hasil pengukuran kadar air yang relatif paling sedikit yaitu 43,96 %, serta dari segi waktu pemisahan memerlukan waktu yang menengah dibanding metode lainnya yaitu 45 – 60 menit, juga kebutuhan pelarut organik terpentin yang lebih sedikit dan untuk penggunaan aquades dapat disubstitusi dengan aquades yang lebih murah di pasaran.

**Kata Kunci:** getah pinus, sadapan bor, pemisahan, plastik

## Pendahuluan

Getah pinus sebagai salah satu jenis Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) sudah masuk dalam sistem perdagangan Internasional. Perdagangan getah pinus Indonesia di pasar internasional menempati urutan ke tiga setelah Cina (FAO, 2005 dan Bina, 2014a), dengan produksi pertahun mencapai 50.000 sampai 60.000 ton dibandingkan negara Cina mampu menembus 800.000 ton per tahun (Bina, 2012). Dengan luas kawasan hutan pinus sebesar 167.605 hektar yang tersebar di wilayah provinsi Jawa Barat, Jawa Tengah dan Jawa Timur (CNN, 2016), Perhutani memproduksi derivat gondorukem dan terpentin sebesar 10% total produksi dunia setelah Cina (70%) dan Brasil (11%). Harga produk derivat gondorukem saat ini antara \$US 2.000 sampai dengan \$US 4.000 dan bahkan ada yang mencapai \$US 15.000 per ton (Bina, 2014a).

Pengolahan pabrik derivat gondorukem dan terpentin menghasilkan glicerol rosin ester, alphapinene, bethapinene, limonene, cineol dan alpha terpineol yang merupakan bahan baku industri batik, kosmetik, farmasi, parfum, industri makanan dan minuman, adhesive, industri kertas, industri cat dan tinta. Ekspor perdana pabrik derivat PPCL dilakukan pada tahun 2014 ke negara India sebanyak 13,6 ton alphapinene (Bina 2014a). Industri derivate gondorukem dan terpentin milik Perhutani dibangun di daerah Pemalang, Jawa Tengah (Perhutani Pine Chemical Industry/PPCI) dengan kapasitas terpasang 24.500 ton getah pinus per tahun. Untuk memenuhi kebutuhan bahan baku getah pinus baik untuk Pabrik Gondorukem Terpentin (PGT)

dan satu pabrik derivat PPCI, Perhutani berusaha meningkatkan produksi getah pinus sebagai bahan baku industry, yaitu dari kisaran produksi per tahun sebesar 90.000 per ton dinaikkan menjadi 121.000 ton per tahun (Bina 2012). Kebijakan Perum Perhutani untuk memenuhi kebutuhan bahan baku getah pinus ditempuh dengan perluasan areal tanaman pinus seluas 50.000 ha dan penerapan tanaman pinus bocor getah yang sudah diujicoba sejak 2007 (Bina 2012).

Di sisi lain, cara penyadapan dengan metode *quare* (kowakan) yang selama ini dilakukan dirasa kurang pas. Meskipun menghasilkan getah lebih banyak, namun getah yang dihasilkan zat pengotor yang cukup banyak, seperti sisa-sisa batang yang disadap, daun, seresah kering ataupun tanah dan batuk kerikil (Sukarno *et.al*, 2014; Sukadaryati, 2014), harga jual kayu rendah di akhir daur dan juga rawan tumbang/robok jika terjadi angin kencang (Sukarno *et.al*, 2014). Oleh karena itu Perhutani mulai mencoba metode penyadapan bor karena dapat menghasilkan kualitas getah lebih bersih. Penggunaan metode sadapan bor menghasilkan getah yang lebih bersih dan berkualitas namun terdapat kesulitan pada saat getah harus dikeluarkan dari kantong plastik untuk dapat diolah lebih lanjut.

Peningkatan produksi getah pinus yang berkualitas untuk memenuhi konsumsi getah ditempuh Perhutani dengan melakukan kegiatan penyadapan pohon pinus bocor getah menggunakan metode sadapan bor. Namun demikian terdapat kendala dalam hal pengeluaran getah dari plastik penampungnya. Tulisan ini bertujuan untuk memberikan informasi teknik pemisahan getah pinus dari plastik tempat penampungnya, yang efektif dan efisien.

## **Metode Penelitian**

### **Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian teknik pemisahan getah pinus hasil sadapan bor dilakukan di laboratorium terpadu Litbang Hasil Hutan Kementerian Lingkungan Hidup di Bogor, Jawa Barat. Sementara pengambilan sample getah dari petak 7, RPH Cijambu, BKPH Manglayang Timur, KPH Sumedang. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Juli–Desember 2015.

### **Bahan dan Alat**

Bahan yang digunakan dalam kajian ini adalah: getah pinus hasil sadapan bor yang ditampung dalam kantong plastik, terpentin yang diperoleh dari KBM INK Divre Jawa Barat dan Banten dan aquades. Alat-alat yang digunakan adalah erlenmeyer, penangas air, pengaduk, thermometer, penyaring/alat saringan, sendok, tempat penampung getah, dan alat tulis.

### **Prosedur Kerja**

- A. Pemisahan getah pinus dari kantong plastik
  1. Getah di dalam plastik hasil sadapan bor dikumpulkan dalam suatu tempat dan ditimbang untuk mengetahui berat awal.
  2. Terpentin dimasukkan ke dalam wadah yang sudah diisi getah yang akan dipisahkan, sesuai langkah 1. Pada tahap ini akan dilakukan pengenceran getah.

3. Pengenceran pada langkah ke 2 dilakukan dengan cara, yaitu a). dibantu pemanasan dalam penangas air dengan suhu 70-80°C dan b). tanpa bantuan pemanasan.
4. Dilakukan pengendapan untuk mempermudah pemisahan kantong plastik dan zat pengotor lainnya serta air.
5. Dilakukan proses penyaringan setelah terjadi endapan zat pengotor termasuk kantong plastik dan air turun ke bawah. Proses penyaringan dapat dilakukan dengan bantuan alat penyaring mekanik (skala laboratorium).
6. Getah hasil penyaringan dipisahkan dan ditampung dalam tempat tertentu.
7. Penimbangan hasil getah yang sudah disaring.

#### B. Pengujian Kualitas getah

Kualitas getah pinus yang dihasilkan pada masing-masing perlakuan dapat diuji berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia) dengan nomor SNI 01-5009.4-2001 tentang Pedoman Sortasi Mutu dan Pengukuran Berat Getah Pinus. SNI tersebut berdasarkan Keputusan Direksi Perum Perhutani Nomor 896/Kpts/Dir/1999 tanggal 08 Nopember 1999.

#### Rancangan Penelitian

Pemisahan getah pinus dari plastik tempat penampungannya dilakukan, yaitu berdasarkan komposisi zat pelarut terpentin dan proses pemisahan. Komposisi zat pelarut terdiri dari 2, yaitu a). terpentin 100% dan b). terpentin 50%. Proses pemisahan terdiri dari 2 cara, yaitu a). dipanaskan dengan suhu 70°C dan b). tidak dipanaskan, yaitu dengan direndam zat pelarut. Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah RAKL dengan perlakuan dilakukan 3 kali ulangan, sehingga sampel yang digunakan sebanyak  $2 \times 2 \times 3 \times 3 = 36$  sampel.

#### Hasil dan Pembahasan

Hasil pemisahan getah dari plastik penampungnya berdasarkan perlakuan dapat dilihat pada Tabel 1. Dari hasil penelitian, semua perlakuan dapat digunakan untuk memisahkan getah dari dari plastik penampung secara sempurna. Cara pemisahan getah dengan cara pemanasan 70°C baik dengan menggunakan komposisi terpentin 100% dan 50% masing-masing dapat memisahkan getah dari plastik secara sempurna. Waktu yang diperlukan untuk memisahkan getah dengan cara pemanasan lebih pendek daripada pemisahan tanpa pemanasan. Berdasar Tabel 1 dapat lihat bahwa waktu pemisahan getah dari plastik dengan metode pemanasan 70°C berkisar antara 35–60 menit sedang tanpa pemanasan memerlukan waktu 1–3 minggu untuk memisahkan getah pinus dari plastiknya secara sempurna. Pemisahan getah dari plastik dengan cara pemanasan pada suhu 70°C memerlukan waktu pisah lebih cepat dibandingkan tanpa pemanasan. Metode pemisahan getah dengan cara dipanasi tersebut memang lebih efektif, karena dengan pemanasan, getah yang mengumpal akan mencair sehingga lebih mudah untuk dipisahkan. Kondisi ini sejalan dengan beberapa hasil penelitian yang lain bahwa terpentin digunakan sebagai pelarut organik getah pinus.

**Tabel 1.** Rekapitulasi hasil penelitian pemisahan getah berdasarkan perlakuan.

No	Metode	Waktu pemisahan	Diskripsi hasil pemisahan
1	2	3	5
Pemanasan 70°C	Terpentin 100%	35 menit	Terpisah sempurna, getah dan pelarut tercampur homogen
	Terpentin 50%	45-60 menit	Terpisah sempurna, getah dan pelarut tercampur homogen
Tanpa pemanasan	Terpentin 100%	1 minggu	Terpisah sempurna, getah dan pelarut tercampur homogen
	Terpentin 50%	2-3 minggu	Terpisah sempurna, getah dan pelarut tercampur homogen

Keterangan : pelarut per perlakuan = 200 ml ; harga terpentin/liter = Rp 25.000,- ; harga aquabides A = Rp 40.000,-

Pemisahan getah dari plastik tanpa pemanasan baik dengan pelarut terpentin 100% ataupun 50% juga dapat dilakukan dan menghasilkan getah yang terpisah sempurna. Pemisahan dengan cara ini memerlukan waktu yang lebih lama, yaitu 1 minggu hingga 3 minggu. Penggunaan terpentin 100% dapat memisahkan getah dari plastik secara sempurna selama 1 minggu tanpa pemanasan, sedangkan dengan pelarut 50% memerlukan waktu pemisahan lebih lama, yaitu 2-3 minggu (Tabel 1).

Dari parameter waktu, maka metode dengan pemanasan dan penggunaan pelarut terpentin 100% terpentin memberikan waktu pisah yang paling cepat dibanding metode lainnya, hal ini selain terpentin sebagai pelarut organik yang mampu melarutkan getah, juga faktor panas yang dapat membuat getah menjadi lebih encer (mencair) dan akhirnya tercampur secara sempurna dengan pelarutnya. Untuk menghemat biaya pelarut, metode kedua yaitu pemanasan dan pelarut terpentin : aquades = 50:50%, dapat digunakan aquades dengan harga lebih murah yang banyak terdapat dipasaran.

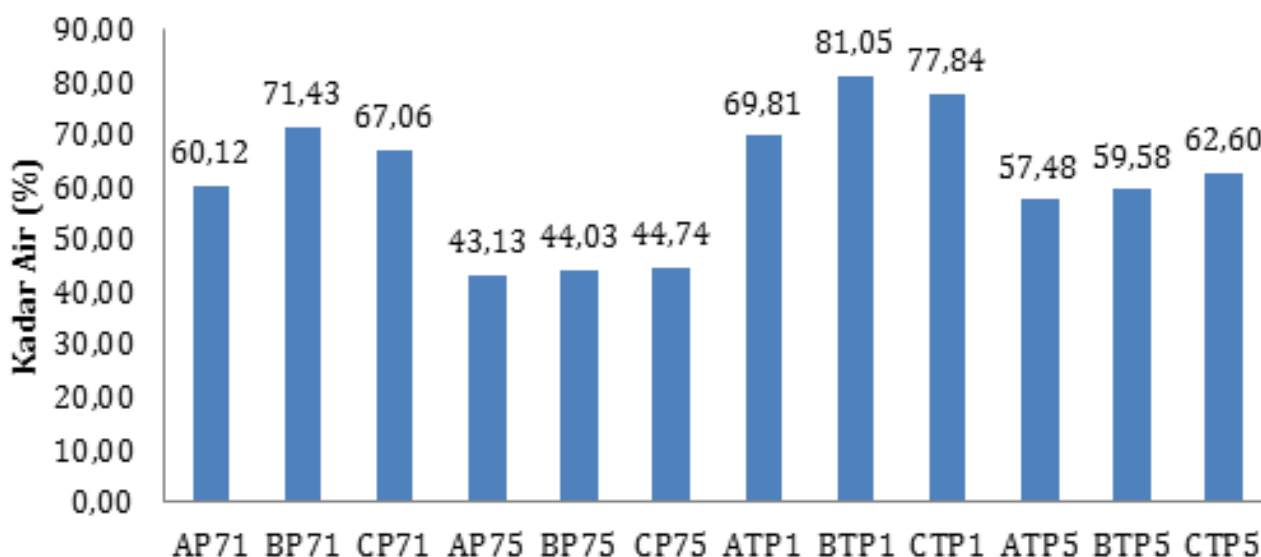
### Hasil Uji Hasil Pemisahan Getah

Getah pinus yang digunakan dalam kajian ini telah mengalami penyimpanan didalam plastik selama 3 periode hari yang berbeda yaitu, 50 hari (A), 30 hari (B) dan 22 hari (C). Selama masa penyimpanan ini, kadar air atau cairan dalam getah mengalami perubahan, seperti terlihat pada Tabel 2 berikut:

**Tabel 2.** Kadar air/cairan getah

No	Getah Pinus	Rerata Kadar Air (%)
1	2	3
1	Getah A (masa simpan 50 hari)	6,57
2	Getah B (masa simpan 30 hari)	18,83
3	Getah C (masa simpan 22 hari)	23,31
4	Terpentin	1,43

Berdasarkan tabel di atas, terlihat bahwa masa penyimpanan getah menurunkan kadar air dalam getah, hal dapat disebabkan oleh hubungan antara waktu simpan dan juga air yang mengalami penguapan pada suhu ruangan hingga titik didihnya. Kadar air getah yang diuji termasuk tinggi, karena berdasarkan syarat mutu getah, kadar air getah adalah  $\leq 3\%$  (SNI, 2001). Pemberian perlakuan pada kajian ini juga mempengaruhi kadar air/cairan dalam getah, seperti pada Gambar 1 berikut:



**Gambar 1.** Kadar air/cairan campuran getah setelah perlakuan

Rerata kadar air campuran getah setelah perlakuan berkisar antara 43,13% - 81,05%, dengan rerata kadar air terendah adalah pada perlakuan dengan pemanasan 70 °C dan pelarut terpendin : Aqudes = 50 :50 sedangkan kadar air tertinggi adalah pada perlakuan tanpa pemanasan dan pelarut 100% terpendin. Berdasarkan hasil analisis varians diketahui bahwa masa simpan getah dan proses pengenceran dan perlakuan pemanasan atau tanpa pemanasan memberikan perbedaan yang nyata, seperti tersaji pada Tabel 3 berikut:

**Tabel 3** Analisis varian kadar air/campuran getah setelah perlakuan

Sumber variasi	Jumlah kuadrat	db	KT	Fhit	Sig.
1	2	3	4	5	6
Corrected Model	5383,425 <sup>a</sup>	11	489,402	16,246	,000
Intercept	136480,988	1	136480,988	4530,554	,000
masa_simpan * pemanasan_pengenceran	155,409	6	25,901	,860	,538 <sup>ns</sup>
masa_simpan	284,727	2	142,363	4,726	,019*
pemanasan_pengenceran	4943,290	3	1647,763	54,698	,000*
Error	722,990	24	30,125		
Total	142587,403	36			
Corrected Total	6106,415	35			

Untuk mengetahui sejauh mana perbedaannya maka uji dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan seperti pada tabel 4 dan 5 berikut:

**Tabel 4** Uji lanjut Duncan kadar air getah setelah perlakuan berdasarkan masa simpan getah

No	Masa simpan getah	Rerata kadar air (%)
1	2	3
1	50 hari	57,63a
2	30 hari	64,02b
3	22 hari	63,06b

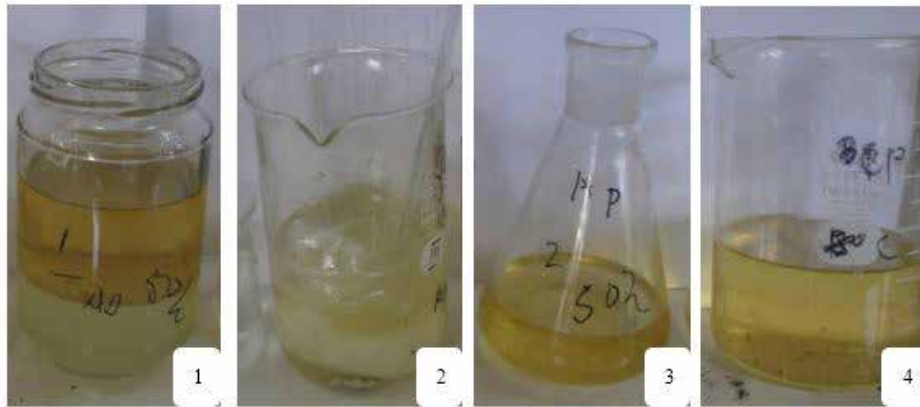
Dari tabel 4 penyimpanan getah selama 22 dan 30 hari kadar airnya tidak berbeda nyata yaitu pada kisaran 63,06 – 64,02 % tetapi berbeda nyata dengan masa penyimpanan getah selama 50 hari yaitu 54,63%. Dari hasil ini dapat dikatakan bahwa lama penyimpanan mempengaruhi kadar air atau cairan yang terdapat dalam getah setelah pemberian bahan pelarut getah.

**Tabel 5** Uji lanjut Duncan kadar air getah setelah perlakuan

No	Perlakuan	Rerata kadar air (%)
1	2	3
1	P75	43,96a
2	TP5	59,88b
3	P71	66,20c
4	TP1	76,24d

Berdasarkan pengelompokan perlakuan, maka semua perlakuan memberikan pengaruh yang berbeda pada kadar air/cairan getah. Rerata kadar air/cairan terendah adalah dengan menggunakan metode pemanasan pada 70 °C dan pelarut terpentin : aquades (P75) = 50:50 % yaitu 43,96% dan rerata kadar air tertinggi adalah dengan metode tanpa pemanasan dan pelarut terpentin 100% (TP1) yaitu 76,24%. Pemisahan getah pinus dari plastik dengan metode P75 memerlukan waktu pelarutan selama 45-60 menit agar getah dapat terpisah secara sempurna dari plastik penampungnya. Secara berturutan waktu yang dibutuhkan untuk pemisahan getah dengan metode P71, TP1 dan TP5 adalah 35 menit, 1 minggu dan 2-3 minggu. Kebutuhan waktu pemisahan yang lebih lama adalah dengan metode yang tanpa adanya pemanasan.

Terpentin sebagai salah satu pelarut organik yang dapat melarutkan getah sehingga kandungan pelarut terpentin yang lebih banyak dan dikombinasikan dengan proses pemanasan yang dapat membuat getah lebih cair, mampu mempercepat pemisahan getah dari plastik penampungnya.



**Gambar 2** Getah hasil pemisahan dari plastik pembungkus : metode TP5 (1); TP1 (2) masih dalam proses pemisahan; P75 (3) dan P71 (4)

Pelarut yang berupa campuran antara terpentin dan air, menunjukkan bagian yang terpisah antara air dan getah yang terlarut dalam pelarut terpentin (Gambar 2 (1)) sedangkan pada komposisi pelarut yang sama tetapi diberikan pemanasan, maka bagian air sudah tidak ada atau sudah tidak terlihat, pemanasan mempercepat proses penguapan air (Gambar 2 (3)). Pemisahan getah dengan pelarut 100% terpentin dengan pemanasan, terlihat bahwa getah sudah terlarut sempurna (Gambar 2 (4)) dan pada kondisi tanpa pemanasan diperlukan waktu yang lebih lama untuk memisahkan getah dari plastik (1 minggu) dan pada akhirnya getah akan terlarut sempurna bersama pelarutnya (Gambar 2 (2)).

Penguapan yang terjadi selama proses pemisahan getah dari plastik pembungkusnya menjadikan bobot dari campuran sebelum dan sesudah perlakuan berubah, gambarannya adalah seperti pada Tabel 6 berikut ini:

**Tabel 6** Rerata susut berat campuran getah dan pelarut

No	Masa simpan getah (hari)	Metode pemisahan	Rerata berat awal (getah+plastik+pelarut)	Rerata berat akhir (getah+plastik+pelarut)	(%)
			(gram)	(gram)	
1	2	3	4	5	6
1	A	P75	137,365	95,601	30,403
		P71	214,991	189,119	12,034
		TP5	141,771	94,466	33,367
		TP1	228,113	173,612	23,892
2	B	P75	154,212	88,586	42,556
		P71	223,045	197,022	11,667
		TP5	125,266	85,665	31,613
		TP1	202,012	178,515	11,631
3	C	P75	162,458	115,417	40,758
		P71	243,400	184,806	31,706
		TP1	216,341	181,880	18,947

Sumber : lampiran 9

Rerata susut berat bervariasi antara 11,631 % - 42,556%, dimana penyusutan berat terendah adalah pada perlakuan BTP1 dan tertinggi pada perlakuan BP75. Berdasarkan analisis varian seperti tersaji pada Tabel 7, interaksi antara masa simpan getah dan metode perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata.

**Tabel 7** Analisis varians susut berat campuran getah

Sumber variasi	JK	db	KT	Fhit	Sig.
1	2	3	4	5	6
Corrected Model	3388,095 <sup>a</sup>	10	338,809	18,920	,000
Intercept	19753,378	1	19753,378	1103,081	,000
masa_simpan * pemanasan_pengenceran	911,167	5	182,233	10,176	,000*
masa_simpan	4,158	2	2,079	,116	,891 <sup>ns</sup>
pemanasan_pengenceran	2456,656	3	818,885	45,729	,000*
Error	393,964	22	17,907		
Total	23371,251	33			
Corrected Total	3782,059	32			

Untuk mengetahui sejauh mana perbedaan tersebut maka analisa dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan (Tabel 8).

**Tabel 8** Uji lanjut Duncan susut berat campuran getah setelah perlakuan

No	Perlakuan	Rerata (%)
1	2	3
1	BTP1	11,63a
2	B71	11,68a
3	AP71	12,03a
4	CTP1	15,81a
5	ATP1	23,82b
6	CP71	24,04b
7	CP75	29,45bc
8	AP75	30,83bc
9	BTP5	31,50bc
10	ATP5	33,26c
11	BP75	43,94d

Keterangan : huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda

Hasil analisa menunjukkan bahwa hampir semua perlakuan dengan pelarut 100% terpendin, penyusutan berat lebih kecil, sedangkan dengan pelarut terpendin:aquades = 50:50, penyusutan lebih besar, hal ini dapat dikarenakan adanya penguapan unsur air sebagai bagian dari bahan pelarut getah.

Pemisahan getah dengan melarutkan dalam pelarut organiknya memungkinkan terjadinya penggabungan unsur yang ada pada kedua bahan tersebut. Hal ini pun terlihat dari hasil

analisa unsur kimia yang dilakukan dengan metode GC-MS (Lampiran 1-8). Unsur kimia yang ada pada getah dan pelarut terpentin sebelum diberi perlakuan terdeteksi sebanyak 12, dan setelah perlakuan unsur kimia yang terdeteksi pada getah rata-rata ada 22 unsur. Perubahan unsur pada getah setelah perlakuan adalah karena adanya pencampuran dengan terpentin, dan perubahan konsentrasi yang diduga akibat dari reaksi kimia yang terjadi dan juga adanya penguapan selama waktu pemberian perlakuan.

## Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

Teknik pemisahan getah dari plastik penampungnya dapat dilakukan semua metode yang dikaji. Penggunaan metode pemanasan pada suhu 70°C dengan pelarut terpentin : aquades = 50 : 50 % akan lebih baik digunakan berdasarkan hasil pengukuran kadar air yang relatif paling sedikit yaitu 43,96 %, serta dari segi waktu pemisahan memerlukan waktu yang menengah dibanding metode lainnya yaitu 45 – 60 menit, juga kebutuhan pelarut organik terpentin yang lebih sedikit dan untuk penggunaan aquades dapat disubstitusi dengan aquades yang lebih murah di pasaran.

### Saran

Perlu dilakukan kajian pada kondisi pemisahan getah dari plastik pada skala produksi (skala besar) serta analisa biayanya.

## Daftar Pustaka

- Bina. 2012. *Perhutani Menuju Era Getah Bersih*. Media Berita Kehutanan dan Lingkungan. Edisi 08 Oktober 2012/tahun XXXIX. Jakarta.
- Bina. 2014a. *PPCL Eksport Perdana Produk Alphapinene ke India*. Media Kehutanan dan Lingkungan. Edisi 03 Mei 2014/tahun XLI. Jakarta.
- Bina. 2014b. *Mengenjut Primadona Getah Pinus*. *Majalah Kehutanan dan Lingkungan*. Edisi 5 Juli 2014/tahun XLI. Jakarta.
- FAO. 2005. *Gum Naval Stores: Turpentine and Rosin from Pine Resin*. Roma, Italia.
- Gardner, F.P, R.B Pearee, R.L. Mitchel. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. UI Press. Jakarta.
- Hillis, W.E. 1987. *Heartwood and Tree Exudate*. Springer Verlag. Berlin Heidelberg, New York, London.
- Kasmudjo. 1982. *Dasar-Dasar Pengolahan Gonderokem*. Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Kasmudjo. 1992. *Usaha Stimulan pada Penyadapan Getah Pinus*. Duta Rimba No 149/XVII. Jakarta.
- Kramer, P.J and T.T Kozlowsky. 1960. *Physiology of Trees*. McGraw-Hill Book. Company. New York, Toronto.

- Martawijaya, A., I. Kartasujana, K. Kadir dan S.A. Prawira. 2005. *Atlas Kayu Indonesia Jilid I*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Departemen Kehutanan. Bogor.
- Moore, T.C. 1979. *Biochemistry and Physiology of Plant Hormones*. Springer-Verlag. Berlin.
- Panshin dan De Zeeuw. 1970. *Textbook of Wood Technology*. Vol.1. McGraw Hill Book Company. New York, Toronto.
- Pari, G dan Tj. Nurhayati. 2009. *Cuka Kayu dari Tusan dan Limbah Campuran Industri Penggajian Kayu Untuk Kesehatan Tanaman dan Obat*. Laporan Hasil Penelitian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor. Tidak Diterbitkan.
- Perum Perhutani. 2005. *Petunjuk Penyadapan Getah Pinus*. Surat Keputusan Direksi Perum Perhutani Nomor: 792/KPTS/DIR/2005. Jakarta.
- Perum Perhutani. 2010. *Current Situation of Indonesian Gum Rosin In The World Market*. Praque: Pine Chemicals Association International Conference.
- Perum Perhutani. 2014. *Di balik kinerja dan Laba Perhutani*. [Internet]. [diunduh 2014 Juli 11]. Tersedia pada: <http://perumperhutani.com/2014/03/di-balik-kinerja-dan-laba-perhutani-tahun-2013>.
- Prawirohatmodjo, Soenardi. 1997. *Struktur dan Sifat-Sifat Kayu*. Bagian Penerbitan Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta.
- Riyanto, T.W. 1980. *Sedikit tentang Penaksiran Hasil Getah Pinus merkusii Jungh et de Vriese*. Duta Rimba. Hal 12–17.
- Santosa, G. 2010. *Pemanenan Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK)*. Website : <http://members.multimania.co.uk>. Diakses pada tanggal 17 Februari 2011.
- Santosa, G. 2011. *Pengaruh Pemberian Etrat terhadap Peningkatan Produktivitas Penyadapan Getah Pinus (Studi Kasus di KPH Sukabumi Perum Perhutani Unit III Jawa Barat dan Banten)*. Laporan Penelitian. Fakultas kehutanan IPB. Bogor. Tidak diterbitkan.
- SNI 01-5009.4-2001. Website : [www.dephut.go.id](http://www.dephut.go.id). Diakses pada tanggal 19 Maret 2011.
- Soepardi, R. 1955. *Pinus merkusii di Tanah Gayo*. Rimba Indonesia 4(6-7-8):265-280. Kehutanan Indonesia.
- Soerianegara, I dan R.H.M.J Lemmens. 1994. *Plant Resources of South East Asia*. No 5(1). Timber trees: Mjaor Commercial Timber. PROSEA Foundation. Bogor.
- Sudradjat R, D. Setyawan dan S. Sumadiwangsa. 2002. *Pengaruh diameter Pohon, Umur dan Kadar Stimulan Terhadap Produktivitas Getah Tusam (Pinus merkusii Jungh et. de Vriese)*. Buletin Penelitian Hasil Hutan 20(2):143–158. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Hasil Hutan. Bogor.
- Sumantri, I dan W. Endom. 1989. *Penyadapan Getah Pinus merkusii Dengan Menggunakan Beberapa PoLa Sadap dan Tingkat Konsentrasi Zat Perangsang*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan 6(3):152–159. Lembaga Penelitian Hasil Hutan. Bogor.
- Sumarmadji, 2002. *Aplikasi Etefon pada Tanaman Karet Dilihat dari Segi Produksi Lateks dan Pembentukan etelin Jaringan Kulit*. Jurnal Penelitian Karet 20(1-3):43–55

- Sutjipto, 1977. *Gondorokem (Seni Kuliah Hasil-Hasil Hutan Kayu)*. Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Tistama, R dan THS Siregar. 2005. *Perkembangan Penelitian Stimulan untuk Pengaliran Lateks Hevea brasiliensis*. *Warta Per karetan* 24(2):45-57.
- Wattimena, G.A. 1988. *Zat Pengantar Tumbuh Tanaman*. IPB Press. Bogor

# Rekayasa Mesin Uji Tekuk Bambu Batang Panjang

Krisna Purnama<sup>1</sup>, Sucahyo Sadiyo<sup>2</sup>, Lina Karlinasari<sup>2</sup>, & Effendi Tri Bahtiar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Sarjana Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan –  
Institut Pertanian Bogor

<sup>2</sup>Staf Pengajar Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan – Institut Pertanian Bogor

Email: krisnapurnama11@gmail.com

## ABSTRAK

Bambu merupakan salah satu material konstruksi yang tersebar di seluruh daerah tropis dan subtropis. Jenis-jenis bambu yang sering digunakan untuk konstruksi bangunan di Indonesia, antara lain betung (*Dendrocalamus asper*), tali (*Gigantochloa apus*), andong (*Gigantochloa verticillata*), dan ampel (*Bambusa vulgaris*). Buluh bambu banyak digunakan pada aplikasi konstruksi secara vertikal sebagai tiang dan horizontal sebagai rangka atap (kaso dan reng). Kekuatan tekan pada buluh bambu utuh dipengaruhi oleh bentuk geometri (kelurusan, keruncingan, eksentrisitas, dan ovality), jarak antar buku, kerapatan buluh, dan lain-lain. Ketidaksempurnaan bentuk geometri bambu menyebabkan nilai pengujian sifat mekanis bambu contoh kecil bebas cacat tidak dapat mewakili buluh utuhnya. Pengujian buluh bambu memberikan nilai yang lebih rendah daripada pengujian sampel kecil bebas cacat. Penggunaan nilai-nilai hasil pengujian contoh kecil bebas cacat pada desain konstruksi bambu berpotensi bahaya karena nilainya yang overestimate. Pengujian bambu pada ukuran penuh (*full scale*) sangat diperlukan untuk memperoleh nilai-nilai kekuatan dan kapasitas buluh bambu untuk konstruksi struktural. Naskah standar bambu untuk konstruksi yang dibuat oleh *International Organization for Standardization* (ISO) berkolaborasi dengan *International Network for Bamboo and Rattan* (INBAR) telah menerbitkan standar sifat mekanika bambu ISO 22157-1 dan standar untuk desain struktural bambu ISO 22156. Penyempurnaan naskah standar tersebut diharapkan dapat meningkatkan pemanfaatan bambu untuk konstruksi, khususnya di Indonesia. Serangkaian penelitian terhadap bambu perlu dilakukan sebagai dasar tinjauan penyempurnaan naskah standar bambu untuk tujuan konstruksi. Untuk menunjang kegiatan penelitian maka perlu direkayasa suatu alat uji tekuk buluh bambu yang mampu menguji bambu ukuran penuh. Kini alat uji tekuk dengan panjang 6-7 m belum tersedia di Indonesia, sehingga menjadi penghambat dalam kemajuan penelitian bambu untuk keperluan konstruksi hijau.

**Kata kunci:** bambu, ISO standard, kolom tekuk, konstruksi, rekayasa mesin

## Pendahuluan

### Latar Belakang

Tanaman bambu memiliki keanekaragaman jenis yang tinggi. Sutiyono (2006) memperkirakan terdapat 75 jenis bambu di Indonesia, namun yang mempunyai nilai ekonomis hanya sekitar 10 jenis saja. Salah satunya bambu betung (*Dendrocalamus asper*). Bambu betung berdiameter cukup besar bila dibandingkan jenis bambu lain yaitu 10 - 18 cm dan berdinding tebal (11 - 18 mm) (Othman, 1995) sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku tusuk gigi, sumpit, bahan kerajinan tangan, konstruksi bangunan seperti usuk dan reng, serta bahan baku kertas dan bubur kertas, lantai dan dinding komposit. Selanjutnya Wijaya (2012) menyatakan bahwa Indonesia memiliki 160 jenis bambu yang terdiri atas 122 jenis asli Indonesia dan 38 jenis hasil introduksi.

Bambu mempunyai peluang besar sebagai bahan konstruksi yang lestari karena berasal dari sumber yang dapat diperbaharui. Laju pertumbuhan bambu lebih cepat dibandingkan pohon berkayu sehingga memiliki daur yang pendek. Bahtiar (2015) melaporkan bahwa pertumbuhan tinggi bambu hanya terjadi pada satu musim, dengan kecepatan pertumbuhan maksimum sebesar 28.38 cm/hari, 29.75 cm/hari, 26.44 cm/hari, 21.32 cm/hari, dan 26.81 cm/hari berturut-turut untuk bambu hitam, tali, betung, ampel, dan mayan. Dengan pemanenan yang bijak, bambu dapat dimanfaatkan sebagai sumber daya hayati yang terbarukan dan benar-benar lestari (*sustainable*) (Widjaja, 2008). Batang bambu muda memiliki diameter yang hampir sama dengan bambu tua. Selain berkembang biak secara generatif, bambu juga berkembang biak secara vegetatif melalui rimpang/akar tinggal sehingga tidak memerlukan penanaman ulang. Meskipun batang-batang bambu dipanen, sistem perakarannya tetap tertinggal di dalam tanah sehingga masih mampu menumbuhkan tunas-tunas baru. Karena berbagai keunggulan tersebut, bambu sangat potensial dimanfaatkan sebagai material konstruksi hijau.

Konstruksi hijau telah menjadi konsensus global dalam pembangunan berkelanjutan (Wang *et al.* 2012). Berdasarkan data, pemanfaatan bambu telah memberikan pendapatan, makanan dan perumahan pada lebih dari 2,2 milyar penduduk di seluruh dunia (Shupe *et al.* 2002). Agar dapat dimanfaatkan untuk konstruksi bangunan permanen, bambu perlu diawetkan. Bambu mempunyai daya tahan yang sangat rendah dan sangat potensial untuk diserang kumbang bubuk (*Dinoderus minutus*), sehingga bangunan atau perabot yang terbuat dari bambu tidak awet. Buluh bambu umumnya diawetkan menggunakan bahan pengawet boraks. Senyawa boraks ini dikenal sebagai bahan yang mampu membunuh bakteri membusuk (Yuliana, 2002).

Untuk dapat digunakan sebagai material konstruksi, kekuatan bambu perlu diketahui. Kelas kekuatan bambu dapat diperoleh dari pengujian visual atau mekanik. Buluh bambu banyak digunakan pada aplikasi konstruksi secara vertikal sebagai tiang dan horizontal sebagai rangka atap (kaso dan reng). Kekuatan tekan pada buluh bambu tunggal dipengaruhi oleh kelurusan (*straightness*) dan keruncingan (*taper*) (Richard, 2013). Di lain pihak, pengujian buluh bambu memberikan nilai yang lebih rendah dari pada pengujian sampel kecil bebas cacat. Penggunaan nilai-nilai hasil pengujian contoh kecil bebas cacat pada desain konstruksi bambu berpotensi bahaya karena nilainya yang over estimate. Pengujian bambu pada ukuran penuh (*full scale*) sangat diperlukan.

Bambu yang dipergunakan sebagai tiang panjang berpotensi mengalami tekuk sehingga kekuatannya menjadi jauh lebih rendah daripada kuat tekan sejajar seratnya. Kuat tekuk bambu juga dipengaruhi oleh anatomi dan sifat fisisnya. Wang *et al.* (2012) melaporkan bahwa orientasi lapisan dinding sel yang arahnya saling berkebalikan dan komposisinya berkontribusi pada kekakuan dan ketahanan tekuk batang bambu. Bentuk geometri buluh bambu juga berkontribusi terhadap kapasitas tekuknya. Richard *et al.* (2012) menyarankan modifikasi rumus tekuk Euler untuk memperhitungkan (a) variasi momen inersia penampang ( $I$ ) sepanjang batang ( $L$ ), (b) faktor ketidaklurusan batang, dan (c) variabilitas modulus elastisitas material ( $E$ ).

Naskah standar bambu untuk konstruksi disusun oleh *International Organization for Standardization* (ISO) berkolaborasi dengan *International Network for Bamboo and Rattan* (INBAR) yaitu standar pengujian sifat mekanis bambu ISO 22157-1 dan standar untuk desain struktural bambu ISO 22156. Penyempurnaan naskah standar tersebut diharapkan dapat

meningkatkan pemanfaatan bambu untuk konstruksi, khususnya di Indonesia. Serangkaian penelitian terhadap bambu perlu dilakukan sebagai dasar tinjauan penyempurnaan naskah standar bambu untuk tujuan konstruksi. Untuk menunjang kegiatan penelitian bambu maka perlu direkayasa suatu alat uji tekuk buluh bambu yang mampu menguji bambu ukuran penuh.

### Bahan dan Metode Penelitian

Rencana umum kegiatan sesuai dengan diagram alir pada Diagram 1. Sesuai dengan diagram alur tersebut, metode penelitian ini diuraikan sebagai berikut:

#### Identifikasi Potensi dan Masalah

Pengujian kekakuan dan kapasitas tekuk buluh bambu ukuran penuh membutuhkan adanya peralatan uji yang memiliki kapasitas cukup besar dan bukaan yang tinggi. Mesin uji tekuk bambu ukuran penuh ini didesain untuk menjawab permasalahan-permasalahan berikut ini:



**Gambar 1.** Diagram alir rencana penelitian

- (1) Mesin harus mampu memberikan beban yang lebih besar daripada kapasitas bambu yang terkuat. Untuk itu perlu diuji dahulu sejumlah 60 batang bambu yang diduga paling kuat. Bambu yang dipilih sebagai standar adalah bambu betung bagian pangkal. Kapasitas mesin yang akan didesain dihitung sebagai berikut:

$$P_m = (\bar{P} + t_{(0,9, v)}s)F_k \quad \text{Di mana:}$$

- $P_m$  = kapasitas desain mesin (kgf)
- $\bar{P}$  = rata-rata kapasitas tekan bambu hasil pengujian (kgf)
- $t_{(0,9, v)}$  = nilai t-student pada kepercayaan 5% danderajat bebas v

$s$  = standar deviasi hasil pengujian

$F_k$  = faktor keamanan (dipilih nilai  $F_k = 4.2$ )

Kapasitas desain mesin dipergunakan untuk menentukan dimensi rangka yang dibutuhkan dan spesifikasi mesin hidrolik yang dipilih akan dipasang.

- (2) Mesin harus memiliki bukaan cukup tinggi agar mampu menguji ukuran bambu ukuran penuh yang tersedia di pasaran. Berbeda dengan material bangunan lainnya, dimensi bambu sangat bervariasi. Dimensi bambu diberikan oleh alam, tidak dibentuk di pabrik atau dipotong di penggergajian. Akibat variasi ukuran tersebut, standarisasi dimensi bambu hanya dapat dilakukan melalui klasifikasi ukuran. Oleh karena itu survey pendahuluan perlu dilakukan untuk memperoleh data dimensi bambu yang tersedia di pasaran. Mesin harus dibangun di ruangan yang cukup tinggi. Bambu memiliki bentuk penampang menyerupai lingkaran. Uji tekan buluh bambu kolom panjang dapat mengakibatkan arah tekuk yang tidak terduga. Fixture uji tekan konvensional yang tersedia pada Universal Testing Machine (UTM) pada umumnya memiliki keterbatasan besar sudut rotasi dan arah tekuk, sehingga kurang flexible mengikuti arah tekuk buluh bambu. Oleh karena itu perlu didesain fixture uji tekuk yang mampu bertindak sebagai tumpuan sendi-sendi yang dapat berotasi ke segala arah.
- (3) Buluh bambu berupa silinder berongga. Serat-serat bambu didominasi oleh konfigurasi sejajar arah longitudinal sehingga buluh bambu mudah mengalami split. Sementara itu buluh bambu sulit dipotong merata sepanjang penampang sehingga beban tidak terdistribusi merata di seluruh luasan contoh uji. Beban yang tidak merata mengakibatkan contoh uji mengalami split terlebih dahulu dan kekuatan tekan maksimum tidak dapat diperoleh. Untuk mendapatkan kapasitas tekan arah sejajar serat, fixture uji tekan harus didesain khusus agar dapat menyebarkan beban secara merata ke seluruh penampang bambu.

## Pengumpulan data

Sebelum desain produk disusun, beberapa macam data perlu dikumpulkan yaitu:

- (1) Dimensi dan sifat-sifat mekanis bambu yang direncanakan akan diuji menggunakan mesin tersebut. Dimensi bambu diukur di lapak-lapak penjual bambu, sedangkan pengujian sifat mekanis bambu dilakukan di laboratorium bahan menggunakan UTM berkapasitas 100 Ton. Pengukuran dimensi dan pengujian sifat mekanis bambu mengikuti prosedur ISO.
- (2) Dimensi dan kekuatan material yang akan digunakan sebagai komponen rangka (frame) mesin uji. Material yang digunakan untuk frame antara lain *H-beam*, *C-section*, pelat baja, dan baut-baut. Dimensi dan kekuatan baja dapat diperoleh dari produsen besi baja atau dealernya. Ukuran baut juga banyak ragamnya dan perlu dipilih.
- (3) Spesifikasi mesin hidrolik yang sesuai untuk dipasang pada mesin uji. Mesin hidrolik berfungsi memberikan beban pada pengujian, sehingga perlu dipilih kapasitas tekan dan panjang langkah yang paling tepat. Spesifikasi mesin hidrolik diperoleh dari brosur pemasaran, authorized dealer, atau pabrikannya.

- (4) Daya dukung tanah/lantai di mana mesin uji akan dibangun perlu diperhitungkan juga agar pondasi mesin cukup kokoh menahan beban yang cukup tinggi. Pengujian proktor (proktor test) dapat dilakukan jika diperlukan.

## Hasil dan Pembahasan

Mesin uji tekuk bambu ukuran penuh ini didesain terdiri atas empat bagian utama yaitu pondasi, rangka mesin, fixture alat uji, mesin hidrolik, dan sirkuit elektronik. Gambar rencana desain mesin uji tekuk bambu ukuran penuh diilustrasikan pada Gambar 1 dan Gambar 2. Dimensi keseluruhan mesin adalah 122 cm × 122 cm × 810 cm. Desain detail setiap komponen adalah:

### Pondasi

Pondasi terdiri atas pondasi batu kali dan beton bertulang. Pondasi batu kali merupakan landasan awal yang berhubungan langsung dengan tanah. Tinggi ( $t$ ) pondasi batu kali direncanakan 50 cm, dan dimensi panjang ( $p$ )×lebar ( $l$ )-nya adalah 142 cm × 142 cm (Gambar 3). Di atas pondasi batu kali adalah beton bertulang setinggi 100 cm dengan dimensi 122 cm × 122 cm ( $p \times l$ ) dengan ketebalan tebal 20 cm (Gambar 4). Seluruh pondasi ditanam di bawah tanah sehingga permukaan pondasi rata dengan permukaan tanah. Oleh karena itu terdapat pekerjaan galian dengan dimensi 142 cm × 142 cm × 150 cm ( $p \times l \times t$ ). Angkur ditanam pada pondasi beton untuk menempatkan baut-baut (Gambar 2) penyangga mesin. Perletakan baut pada pondasi diilustrasikan pada Gambar 4. Diameter baut yang ditanam pada pondasi direncanakan berukuran 19 mm. Baut dipasang di sekeliling pondasi dengan jarak antar baut adalah 100 mm.

### Rangka mesin (frame)

- Base plate* (Gambar 5) dipasang di atas pondasi beton bertulang. Antara *base plate* dan empat kolom utama disambungkan dengan baut berdiameter 19 mm. Setiap tiang diikat dengan *base plate* menggunakan 6 buah baut, dan jarak antar baut adalah 50 mm.
- Empat buah tiang utama vertikal setinggi 8000 mm dipasang sebagai penahan beban tarik akibat tekanan mesin hidrolik. Tiang utama dibuat dari H-beam 200×200×12×8. Dimensi tiang utama dan penempatan lubang baut diilustrasikan pada Gambar 6. Di ujung dan pangkal tiang vertikal dilas mati dengan *fixed base* (Gambar 7). Dimensi *fixed base* disajikan pada Gambar 8. Jarak horisontal antar baut dibuat 40 mm. Empat buah lubang baut berdiameter 19 mm dibuat pada setiap jarak vertikal 100 mm. Lubang baut tersebut berfungsi untuk menempatkan *cross head* pada tiang vertikal. Posisi *cross head* dapat dipindahkan sesuai dengan tinggi yang dibutuhkan untuk menguji buluh bambu ukuran penuh.
- Empat puncak tiang utama dihubungkan dengan *cap plate* yang berfungsi sebagai pengaku. Bentuk dan dimensi *cap plate* disajikan pada Gambar 9. Lubang berdiameter 150 mm dibuat di tengah-tengah *cap plate* untuk memasang katrol (*tackle*) yang sering dibutuhkan untuk mengangkat *cross head* untuk ditempatkan pada posisi yang dibutuhkan sesuai dengan panjang buluh bambu yang akan diuji.

- d. *Cross head* dipasang pada tiang vertikal. Ada dua buah *cross head* yaitu di bagian atas (Gambar 10(a)) untuk menempatkan fixture alat uji, dan di bagian bawah (Gambar 10(b)) untuk menempatkan mesin hidrolik.

*Cross head* dibuat dari *side beam* horisontal (Gambar 11(a)) dan *center beam* horisontal (Gambar 11(b)). *Side beam* horisontal disambungkan ke tiang utama menggunakan 8 baut di tiap sisinya. Sedangkan *center beam* horisontal disambungkan dengan dua buah *side beam* horisontal menggunakan baut sebanyak 16 buah di masing-masing sisi.

*Side beam* horisontal terdiri atas kolom horisontal, *gusset plate* vertikal, dan *cleat*, yang seluruhnya disatukan menggunakan sambungan las (Gambar 12). Kolom horisontal dibuat dari H-beam ukuran 780× 12 × 8 mm, sedangkan *gusset plate* vertikal dibuat dari pelat baja setebal 20 mm.

*Cleat* merupakan potongan *plate* atau siku yang digunakan untuk mengikat dua atau lebih batang secara bersamaan, dengan ukuran 50 mm × 50 mm dan ketebalan 12 mm. Dimensi kolom horisontal, *gusset plate* vertikal, dan *cleat* disajikan pada Gambar 13, 14 dan 15.

*Center beam horisontal* terdiri atas *c-section*, *bracket*, *gusset plate* horisontal, dan *cleat*. Sepasang *c-section* berukuran 200 × 90 × 13.5× 8 dipergunakan pada desain mesin uji tekuk buluh bambu ukuran penuh ini (Gambar 16). Dua buah *c-section* tersebut disambungkan dengan *bracket*. *Bracket* ada dua bagian yaitu bagian atas (Gambar 17) dan bagian bawah (Gambar 19). *Bracket* bagian bawah terdiri dari tiga bagian yaitu bagian atas, bagian tengah dan bagian bawah (Gambar 18), dua bagian digabungkan secara bersamaan menggunakan baut dengan diameter 13mm. *Gusset plate* horisontal (Gambar 20) digunakan untuk menyambungkan *center beam* horisontal dengan *side beam* horisontal. Seperti pada *side beam* horisontal, semua komponen pada *center beam* horisontal disambung dengan las (Gambar 21). Sebagai pengaku antar komponen maka *cleat* (Gambar 22) dipasangkan. *Cleat* pada *center beam* horisontal lebih tipis (13.5 mm) dibandingkan *cleat* pada *side beam* horisontal (1.2 mm).

Desain rangka (*frame*) mesin uji tekuk bambu ukuran penuh ini memerlukan komponen-komponen dengan rincian sebagaimana disajikan pada Tabel 1. sebelumnya. Ilustrasi fixture uji tekuk dan komponen penyusunnya disajikan pada Gambar 26. Fixture alat uji tekan sejajar serat satu kali diameter didesain sebagaimana ilustrasi pada Gambar 27. Fixture alat uji tekan terdiri atas tiga komponen yaitu landasan uji, bilah-bilah segitiga, dan pengunci. Bilah-bilah segitiga diatur sedemikian rupa sehingga dapat tergelincir dengan mudah ketika bambu bergerak horisontal akibat diuji tekan vertikal. Bilah tersebut dapat ikut mengembang menjauh dari pusat landasan uji ketika buluh bambu mengembang horisontal akibat ditekan arah sejajar serat. Fixture alat uji lentur bambu didesain sebagaimana ilustrasi pada Gambar 28. Fixture alat uji lentur bambu terdiri dari empat bagian yaitu plat lingkaran (gambar 29), batang vertikal (gambar 30), batang horisontal (gambar 31), penyangga bambu (gambar 32), kaki penyangga bambu (gambar 33;34), plat segitiga (gambar 35) dan H-Beam (gambar 36). Terakhir yaitu fixture bow tie, yang berfungsi sebagai uji geser sejajar serat bambu, alat ini memiliki tiga bagian yaitu plat bawah, plat atas dan dua buah segitiga yang berhadapan. Ilustrasi alat uji ini tertera pada gambar 37,38 dan 39.

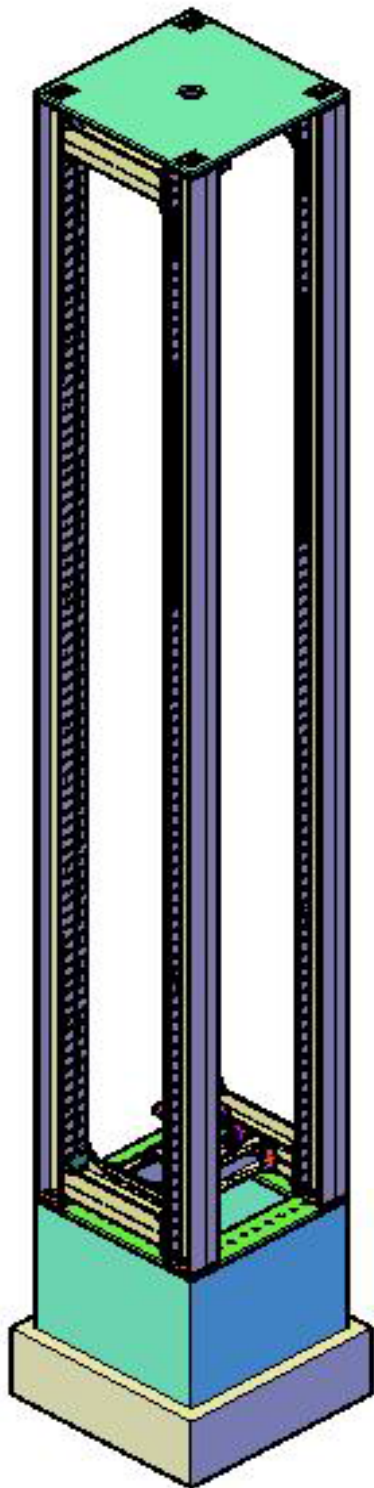
## Kesimpulan

Sebuah mesin uji tekuk bambu ukuran penuh telah direncanakan untuk dibangun pada penelitian sebagaimana diilustrasikan pada Gambar Desain. Mesin ini didesain khusus untuk pengujian tekuk batang panjang dengan bukaan sebesar 7m agar mampu menguji bambu sesuai ukuran bambu yang tersedia di pasaran. Fixture uji tekuk bambu dirancang dengan sambungan bola agar dapat menekuk ke segala arah mengikuti arah tekuk buluh bambu. Sesuai dengan perhitungan struktur yang dilakukan, rangka mesin ini mampu menahan beban tarik maksimum 85 dan beban tekan maksimum sebesar 90 ton.

## Daftar Pustaka

- Bahtiar ET. 2015. Keandalan Bambu Untuk Material Konstruksi Hijau [Disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- BSN. 2015. *SNI 1729-2015* Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Othman AR, Mohmod AL, Liese W, Haron N. 1995. Planting and Utilization of Bamboo in Peninsular Malaysia. Research Pamphlet No. 118, 1995. Forest Research Institute Malaysia (FRIM). Kepong, 52109 Kuala Lumpur
- Richard MJ. 2013. Assessing the performance of bamboo structural components. [Disertasi]. Pittsburgh (GB): University of Pittsburgh.
- Shupe TF, Cheng P, dan Chung YH. 2002. Value-Added Manufacturing Potential for Honduran Bamboo. Final Report to Honduran Counterparts. Lanticitilla National Park, Esnacifor, Cuprofor.
- Sutiyono. 2006. Budidaya Bambu. Peneliti Utama Bidang Silvikultur Pusat Penelitian dan Pengembangan Peningkatan Produktivitas Hutan. Bogor.
- Wang X, Ren H, Zhang B, Fei B, dan Burgert I. 2012. Cell wall structure and formation of maturing fibres of Moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*) increase buckling resistance. *J. R. Soc. Interface* 9: 988–996.
- Widjaya EA. 2008. The Neglected Renewable Energy Source from Bamboo in Indonesia. Bogor (ID: PROSEA Association, Bogor, Indonesia & Botany Division, Research Centre for Biology –LIPI).
- Widjaya EA. 2012. The Utilization of bamboo: At present and for the future. Proceedings of International Seminar Strategies and Challenges on Bamboo and Potential Non Timber Forest Products (NTFP) Management and Utilization. 23 – 24 November 2011, Bogor, Indonesia 79-85. Center for Forest Productivity Improvement Research and Development. Bogor. Indonesia.
- Yuliana T. 2002. Analisa Kadar Boraks dalam Mie Basah dan Mie Kering dengan Indikator Kurkumin Menggunakan Analisa Volumetri [Skripsi]. Semarang (ID): Universitas Negeri Semarang.

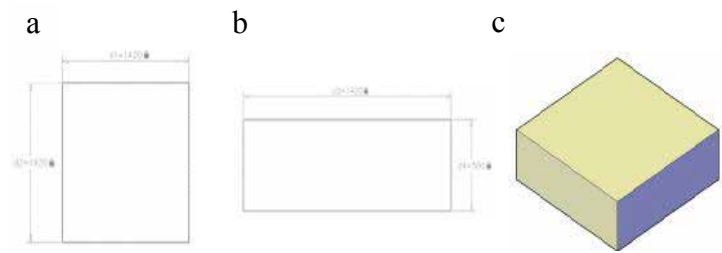
## Lampiran



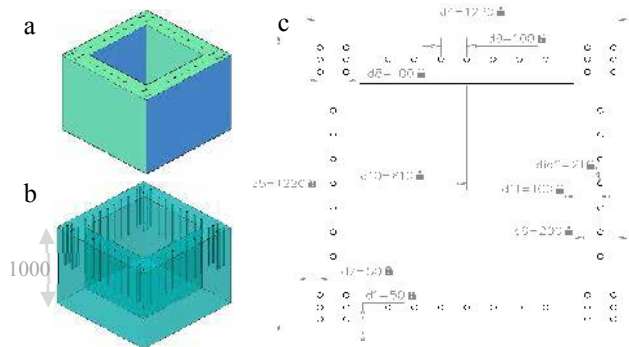
**Gambar 2.** Desain Mesin Uji Tekuk Bambu Ukuran Penuh



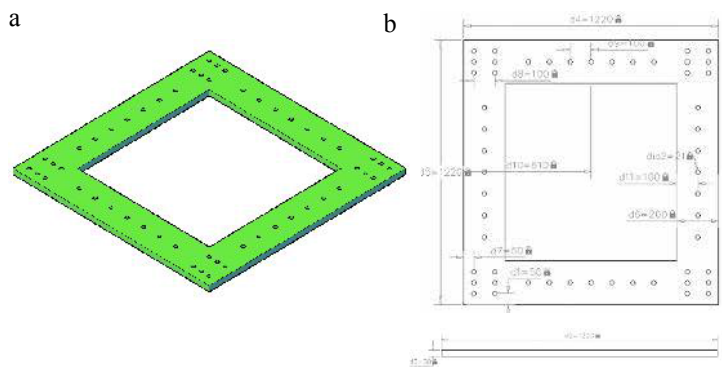
**Gambar 3.** Baut



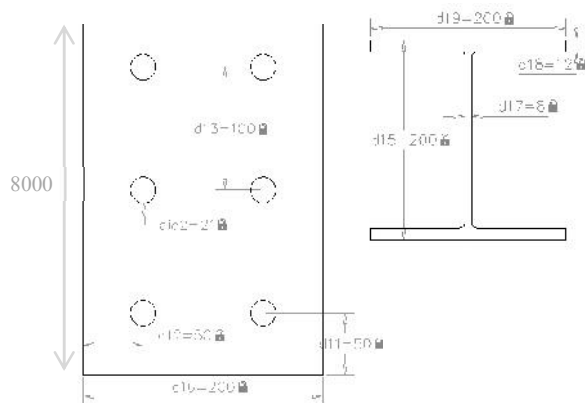
**Gambar 4.** dimensi pondasi



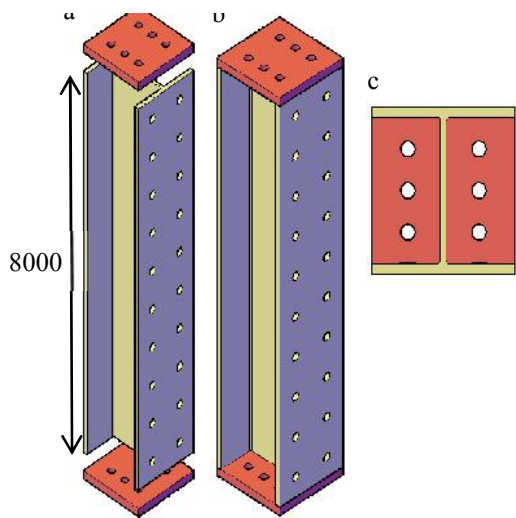
**Gambar 5.** Pondasi beton bertulang



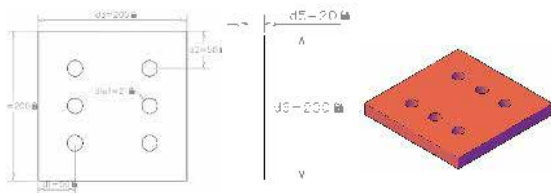
**Gambar 6.** Base plate (a) dan dimensi dan Penempatan baut (b)



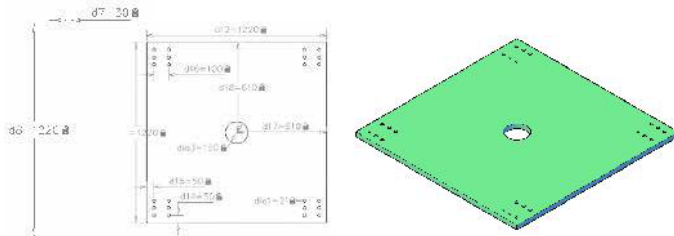
**Gambar 7.** Dimensi tiang vertikal dan penempatan lubang baut



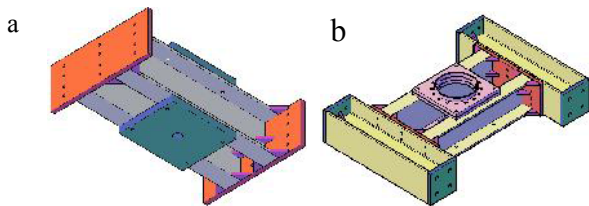
**Gambar 8.** Pangkal dan ujung sebelum di las dengan *fixed based* (a), Pangkal dan ujung sesudah di las dengan *fixed based* (b); dan penempatan lubang bautnya (c)



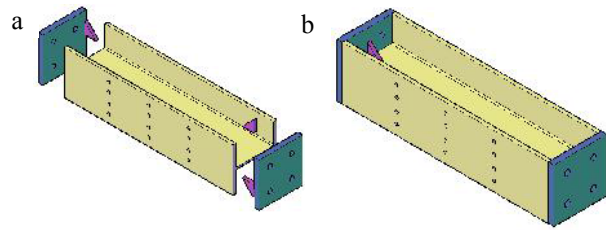
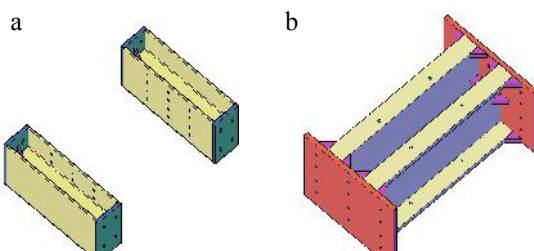
**Gambar 9.** Fixed Based



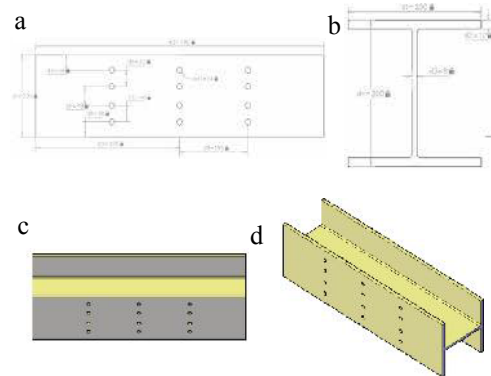
**Gambar 10.** Cap plate



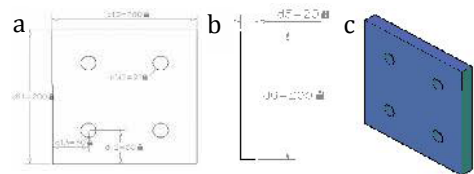
**Gambar 11.** Dua buah *cross head* didesain untuk bagian atas (a) dan bawah (b)



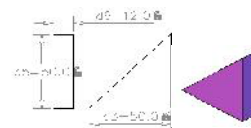
**Gambar 13.** Side beam horizontal sebelum di las (a) dan sesudah di las (b)



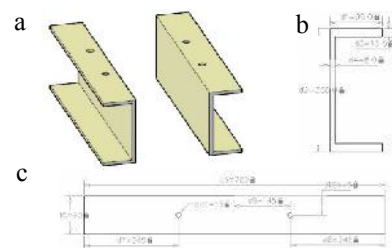
**Gambar 14.** Dimensi balok horizontal (a), (b) ; balok horizontal: tampak samping (c) dan tampak melintang (d)



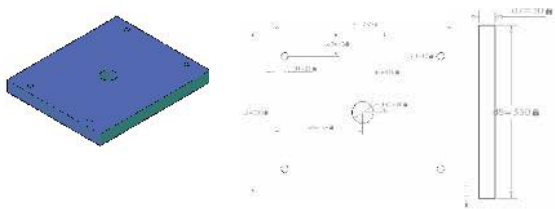
**Gambar 15.** Dimensi *gusset Plate* vertikal (a),(b) dan *gusset Plate* vertikal (c)



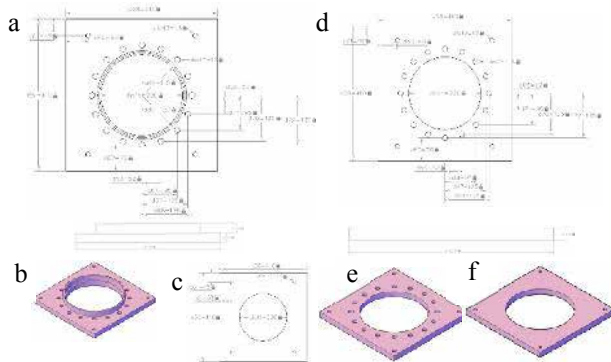
**Gambar 16.** Cleat untuk side beam horizontal



**Gambar 17.** C-section: 3D (a), tampak samping (b), tampak atas (c)



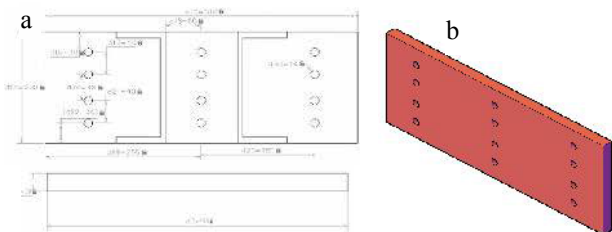
**Gambar 18.** Bracket atas: 3D (a), tampak atas (b), tampak samping (c)



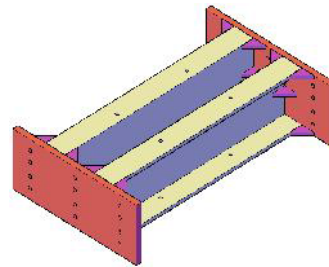
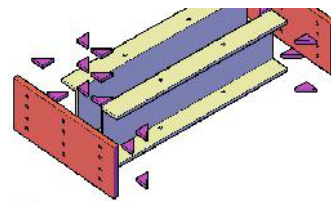
**Gambar 19.** Dimensi *braket* bagian atas (a), atas 3-D (b), bawah (c), tengah (d), tengah 3-D (e),bawah 3-D (f)



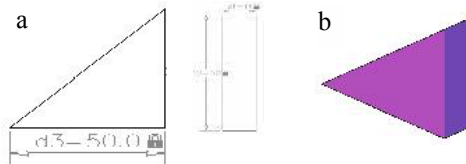
**Gambar 20.** Penggabungan komponen *braket* bawah antara bagian atas dan tengah



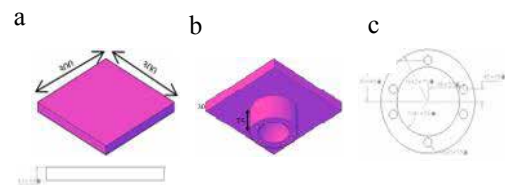
**Gambar 21.** Dimensi *gusset plate* horizontal (a), dan *gusset plate* horizontal 3-D (b)



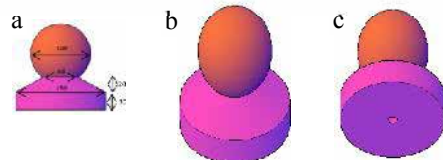
**Gambar 22.** Center beam horizontal sebelum di las (a) dan sesudah di las (b)



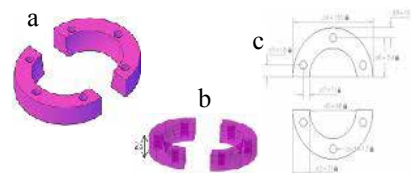
**Gambar 23.** Dimensi *cleat* (a), *cleat* 3-D (b) untuk center beam



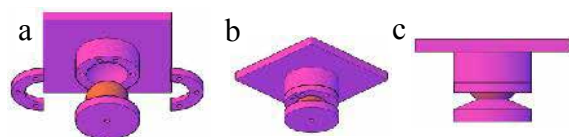
**Gambar 24.** Lantai uji tampang atas (a), lantai uji tampang bawah (b) dan posisi baut lantai uji (c)



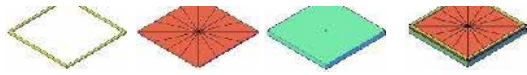
**Gambar 25.** Dimensi *fixture* tekuk (a), *fixture* tekuk tampang samping atas (b), dan samping bawah (c)



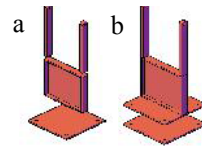
**Gambar 26.** Sepasang pengunci 3-D (a), Sepasang pengunci X-ray (b), dan dimensi pengunci (c)



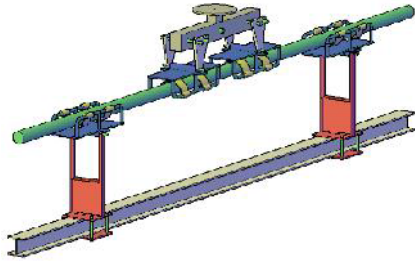
**Gambar 27.** Sebelum penyusunan komponen alat tekuk (a),



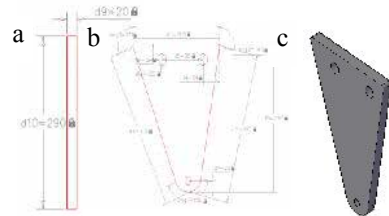
**Gambar 28.** pengunci (a), bilah-bilah segitiga (b), landasan uji (c) dan Fixture alat uji tekan bambu setinggi diameternya (1xD) (d)



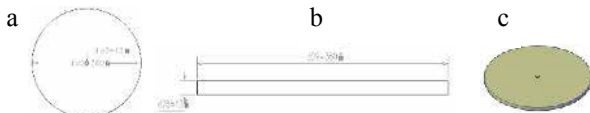
**Gambar 35.** kaki penyangga bambu sebelum di las (a) dan setelah di las (b)



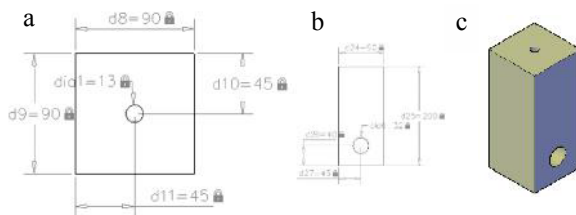
**Gambar 29.** Fixture uji lentur bambu samping kanan



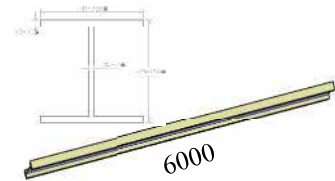
**Gambar 36.** Tebal plat segitiga (a), posisi baut segitiga (b), dan segitiga 3-D (c)



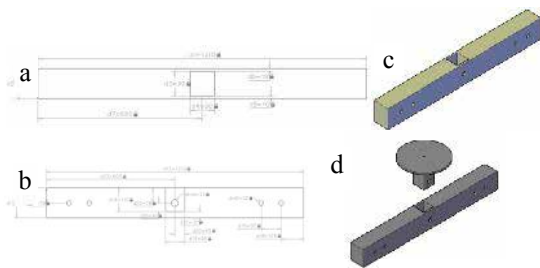
**Gambar 30.** Dimensi plat lingkaran (a),(b), dan 3-D (c)



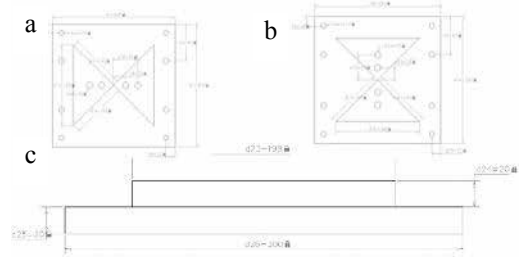
**Gambar 31.** Dimensi batang vertikal (a),(b), dan 3-D (c)



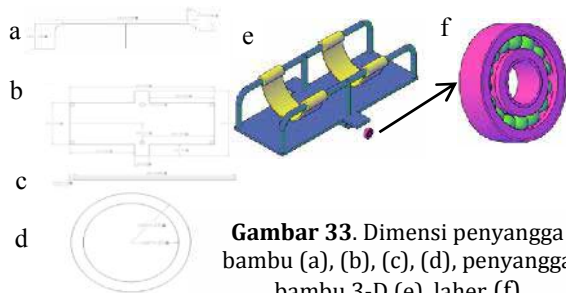
**Gambar 37.** H-beam



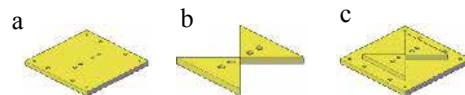
**Gambar 32.** Dimensi batang horisontal (a),(b), 3-D (c), dan penggabungan komponen lingkaran, batang vertikal dang batang horisontal (d)



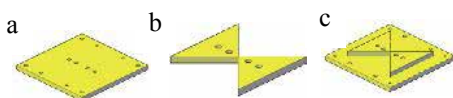
**Gambar 38.** Dimensi bow tie tipe satu(a), tipe dua (b), dan tebal (c)



**Gambar 33.** Dimensi penyangga bambu (a), (b), (c), (d), penyangga bambu 3-D (e), laher (f)



**Gambar 39.** Alat bow tie bagian bawah (a), segitiga (b), dan penggabungan dua komponen (c)



**Gambar 40.** Alat bow tie bagian atas (a), segitiga (b), dan penggabungan dua komponen (c)

**Tabel 1.** Rincian kebutuhan komponen rangka mesin uji tekuk bambu ukuran penuh.

No	Komponen	Ukuran (mm)	Jumlah	Berat per komponen (kg)	Total berat (kg)
1	Base Plate (Pier)	1220×1220×30	1	198.058	198.058
2	C-Section	780×80×7.5	4	19.226	76.904
3	Cleat	50×50×13.5	48	0.112	5.376
4	Cleat	50×50×11	16	0.076	1.216
5	Gusset Plate horisontal	510×200×20	4	13.239	52.956
6	Gusset Plate vertikal	400×200×20	8	12.908	103.264
7	Fixed Base	200×200×20	8	6.443	51.544
8	Bracket atas	330×300×30	2	26.440	52.88
9	Bracket bawah bagian atas	410×410×30	1	23.607	23.607
10	Bracket bawah bagian tengah	410×410×30	1	17.619	17.619
11	Bracket bawah bagian bawah	410×410×20	1	17.651	17.651
12	Kolom Vertikal	8000×200×200	4	398.065	1592.26
13	Balok Horisontal	780×200×200	4	38.878	155.512
14	Cap Plate	1220×1220×30	1	361.772	361.772
15	Baut	diameter 13	80	0.3	24
16	Baut	diameter 16	16	0.4	6.4
17	Baut	diameter 19	140	0.5	70
				total	2811.02

**Tabel 2.** Kapasitas mesin uji setiap komponen

komponen	kapasitas uji tekan (ton)	Kapasitas uji tarik (ton)
Kolom Vertikal	576	148
Balok Horisontal	147	145
<i>C-Section</i>	90	85
<i>Breacket Atas</i>	210	190
<i>Breacket Bawah</i>	128	122
Kapasitas Baut Pada <i>Cap Plate</i>	421	421
Kapasitas Baut Pada Plate Vertikal	562	562
Kapasitas Baut Pada Plat Horisontal	395	395
Kapasitas Baut Pada <i>Base Plate</i>	914	914
Kapasitas Mesin	90	85

# Karakteristik Papan Partikel dari Alang-Alang dengan Variasi Ukuran Partikel dan Kadar Perekat Isosianat

Firda Aulya Syamani<sup>1</sup>, Rahmat Husain Dalle<sup>2</sup>, & Subyakto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pusat Penelitian Biomaterial LIPI, Jalan Raya Bogor KM 46, Cibinong, Jawa Barat 16911

<sup>2</sup>Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220

E-mail: firda.syamani@biomaterial.lipi.go.id

## ABSTRAK

Penggunaan bahan baku non kayu dalam industri papan partikel menjadi alternatif yang terus dikaji untuk mendapatkan papan dengan karakteristik yang memenuhi standar dan proses pengerjaannya dapat dilakukan dalam pabrik papan partikel. Tulisan ini mengkaji penggunaan alang-alang sebagai bahan baku papan partikel dengan perekat isosianat. Alang-alang dicacah dan disaring sehingga menghasilkan 2 ukuran partikel yaitu (1) lolos 4 mesh dan tertahan 14 mesh (4 ~ 14 mesh) dan (2) lolos 14 mesh tertahan 20 mesh (14 ~ 20 mesh). Partikel alang-alang yang sudah dikeringkan dicampur dengan perekat isosianat dengan kadar 5%, 8% atau 11%, menggunakan *drum mixer*. Kemudian dikempa panas pada suhu 150°C dan tekanan sebesar 25 kg/cm<sup>2</sup> selama 10 menit. Kerapatan papan yang dihasilkan berkisar antara 0,68 ~ 0,82 g/cm<sup>3</sup>, dengan kadar air sekitar 9,4 ~ 11,9%. Nilai pengembangan tebal papan dengan kadar perekat 11% telah memenuhi SNI yaitu sebesar 11,21%. Nilai keteguhan patah, modulus elastisitas, dan kuat pegang sekrup terbaik terdapat pada papan dengan kadar perekat 8% dan ukuran partikel 4 ~ 14 mesh, yaitu berturut-turut sebesar 355,10 kgf/cm<sup>2</sup>, 34.773 kgf/cm<sup>2</sup> dan 40,38 kgf. Nilai keteguhan rekat internal terbaik ditunjukkan oleh papan dengan kadar perekat 11% dan ukuran partikel 14~20 mesh, yaitu sebesar 23,5 kgf/cm<sup>2</sup>. Tingginya nilai tersebut didukung oleh morfologi papan yang menunjukkan bahwa partikel alang dengan ukuran 14~20 mesh telah terlaburi dengan baik pada kadar perekat 11% sehingga menghasilkan papan dengan partikel yang saling menempel dengan rapat.

**Kata kunci:** alang-alang, isosianat, kadar perekat, papan partikel, ukuran partikel

## Pendahuluan

Perkembangan pembangunan yang sangat pesat berdampak pada meningkatnya kebutuhan di berbagai aspek dan mendorong manusia untuk menggunakan sumber daya alam (SDA) secara berlebihan. Dalam bidang konstruksi, penggunaan bahan material dari kayu masih menjadi pilihan utama sehingga eksploitasi kayu menjadi tidak terhindarkan. Kayu yang berasal dari hutan alam maupun hutan produksi terus mengalami penurunan baik jumlah maupun kualitasnya. Bahkan industri perkayuan yang memproduksi papan partikel sebagai alternatif penggunaan bayu bulat, semakin sulit mendapatkan bahan baku, karena berkurangnya jumlah pasokan kayu. Upaya yang dilakukan untuk mengatasi masalah sulitnya bahan baku antara lain dengan melakukan inovasi penggunaan bahan baku, dari yang sebelumnya menggunakan bahan baku kayu menjadi bahan berlignoselulosa non kayu.

Industri perkayuan dapat memanfaatkan limbah kayu atau bahan alternatif berlignoselulosa lainnya untuk pembuatan papan partikel. Berbagai jenis rumput-rumputan yang mengandung lignoselulosa telah dimanfaatkan untuk pembuatan papan partikel.

Panichnava dan Nimityongskul (2017) membuat papan partikel dari akar wangi (*vertiver grass*) menggunakan urea formaldehida, polivinil asetat dan pati jagung. Pemanfaatan rumput *Lolium perenne* L sebagai campuran partikel *Eucalyptus camaldulensis* dalam pembuatan papan partikel menghasilkan kualitas produk yang sama namun biaya produksi yang lebih murah (Nemli & Acar, 2009).

Alang-alang merupakan tanaman rumput-rumputan yang mengandung lignoselulosa. Alang-alang adalah tanaman berdaun tajam yang kerap menjadi gulma di lahan pertanian. Menurut Sutiya (2012), alang-alang mempunyai kandungan alfa selulosa 40,22%, hemiselulosa 18,40%, lignin/pentosan 31,29%, dan ekstraktif 8,09%. Di wilayah Asia Tenggara dapat dijumpai sekitar 35 juta ha, dan sekitar 8,5 juta ha tersebar di Indonesia umumnya di luar Jawa (Friday et al. 1999). Berdasarkan data tersebut, alang-alang mempunyai potensi untuk dijadikan sebagai bahan baku papan partikel sebagai alternatif pengganti kayu.

Alang-alang telah dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan papan biokomposit dengan campuran karet alam (Tsulasimani et al. 2015) atau dengan polipropilena daur ulang (Sunardi et al. 2015). Papan partikel dari bahan alang-alang menggunakan perekat polivinil asetat dengan perbandingan alang-alang:polivinil asetat = 400:130 (b/b) menunjukkan sifat fisis yang telah memenuhi SNI, namun belum dilakukan kajian terhadap sifat mekanisnya (Yusup 2015).

Pembuatan papan partikel tidak terlepas dari penggunaan perekat. Perekat ini sebagai komponen utama dalam pembuatan papan partikel yang akan menentukan kualitas teknis papan yang dihasilkan. Dalam pembuatan papan partikel biasanya perekat yang digunakan adalah perekat sintesis berbasis formaldehida. Penggunaan perekat sintesis berbasis formaldehida ini dapat menimbulkan emisi yang dapat menyebabkan gejala pusing, mual dan insomnia. Untuk menciptakan papan partikel yang ramah lingkungan, maka digunakan perekat berbasis isosianat. Isosianat adalah senyawa kimia organik yang dapat digunakan sebagai perekat kayu dengan kelebihan dapat mengeras tanpa bantuan panas terlalu tinggi, memiliki sifat ramah lingkungan, dan tidak mengeluarkan gas emisi seperti formaldehida (Sucipto et al., 2010).

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Syahputra (2016) mengenai “Kajian Karakteristik Papan Partikel Batang Jagung dengan Perbedaan Kadar Perekat Isosianat Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel” menggunakan rancangan variasi kadar perekat sebesar 5%, 7%, 9% dan 11%, dengan pengempaan 25 kg/cm<sup>2</sup> dan ukuran partikel lolos 4 tertahan 14 mesh. Hasil optimum diperoleh pada kadar 11%, namun pada kadar 7% sudah memenuhi persyaratan SNI 03-2105-2006. Berdasarkan latar belakang di atas dan sehubungan dengan kurangnya pemanfaatan alang-alang secara maksimal, maka dilakukan penelitian pemanfaatan alang-alang sebagai bahan baku papan partikel menggunakan perekat isosianat. Variasi perlakuan yang dikaji adalah variasi ukuran partikel alang-alang dan kadar perekat isosianat terhadap sifat fisis dan mekanis papan partikel sehingga memenuhi persyaratan papan partikel SNI 03-2105-2006.

## **Bahan dan Metode**

Alang-alang diperoleh dari sekitar Cibinong, Jawa Barat. Alang-alang yang digunakan adalah alang-alang dengan ketinggian 1-1,5 m, yang dipangkas pada jarak sekitar 10 cm dari

tanah. Perekat yang digunakan adalah isosianat dengan merek dagang PI Bond tipe H3M. Perekat tersebut diproduksi oleh PolyOshika Co. Ltd. Jepang dan didistribusikan oleh PT. Polychemie Asia Pasific Indonesia. Berdasarkan keterangan mengenai spesifikasi produk dari distributor, perekat tersebut dikelompokkan dalam *solvent based adhesives*, dan merupakan campuran antara MDI (*methylene diphenyl diisocyanate*) dan TDI (*trimethyl diisocyanate*) dengan perbandingan 90:10. Perekat berbentuk cair dengan viskositas sebesar 150-250 cp, mengandung padatan (*resin solid content*) sebesar 98% dan berwarna coklat gelap.

Persiapan bahan baku dimulai dengan proses pencacahan alang-alang sehingga diperoleh panjang  $\pm 10$  cm. Alang alang yang sudah dicacah kemudian diproses lebih lanjut dalam mesin *ringflaker*, yang selanjutnya partikel dikeringkan dan disaring. Proses penyaringan menggunakan saringan berukuran 4 mesh, 14 mesh dan 20 mesh, sehingga didapatkan partikel alang-alang dengan ukuran lolos 4 mesh tertahan 14 mesh (Kode 1) dan lolos 14 mesh tertahan 20 mesh (kode 2).

Sebelum digunakan sebagai bahan pembuatan papan partikel, komposisi kimia alang-alang dianalisis terlebih dulu. Analisis komposisi kimia alang-alang meliputi kadar zat ekstraktif (TAPPI T204 om-88 dimodifikasi), kadar lignin (TAPPI T222 om-88), kadar holoselulosa (*Wise's chlorite method 1946*) dan kadar selulosa (TAPPI T203 cm-99).

Partikel alang-alang kemudian dikeringkan dalam oven 60°C sehingga kadar air partikel tersebut sekitar 5%. Setelah pengeringan, partikel alang-alang siap digunakan dalam pembuatan papan. Ukuran papan adalah 25 cm x 25 cm dengan ketebalan 0,9 cm. Target kerapatan papan adalah 0.8 g/cm<sup>3</sup>. Perekat yang digunakan sebanyak 5% (kode A), 8% (kode B) dan 11% (kode C) berdasarkan berat kering partikel. Partikel alang-alang dimasukkan dalam *drum mixer* dan disemprot dengan perekat menggunakan *spray gun*, kemudian dibentuk hamparan dalam cetakan. Hamparan partikel dikempa panas pada tekanan 2 MPa, selama 10 menit dengan suhu pengempaan 150°C.

Papan yang dihasilkan kemudian dikondisikan pada suhu ruang, dan selanjutnya diuji sifat fisis dan sifat mekanisnya menurut Standar Nasional Indonesia untuk pengujian papan partikel (SNI 03-2105-2006). Sifat yang diuji antara lain, kadar air, pengembangan tebal, daya serap air, keteguhan lentur (*modulus of elasticity - MOE*), keteguhan patah (*modulus of rupture - MOR*), keteguhan rekat internal (*internal bond - IB*) dan kuat pegang sekrup (*screw withdrawal - SW*). Setiap pengujian dilakukan sebanyak 4 kali ulangan.

Pengujian sifat mekanis menggunakan alat uji *Universal Testing Machine* merk Shimadzu. Hasil pengujian sifat mekanis dari setiap sampel dikonversikan berdasarkan perbandingan antara kerapatan sampel dengan kerapatan yang ditargetkan. Untuk itu dilakukan pengukuran dimensi dan berat setiap sampel. Hasil pengujian sifat fisis mekanis dianalisis statistik untuk menguji apakah rata-rata nilai sifat fisis mekanis dari papan partikel alang-alang dipengaruhi variasi ukuran partikel dan kadar perekat.

## Hasil dan Pembahasan

### Komposisi kimia alang-alang

Alang-alang termasuk bahan berlignoselulosa. Analisis komponen kimia yang dilakukan dalam penelitian ini (Tabel 1) menunjukkan bahwa alang-alang mengandung selulosa sebesar

42,50%, lignin 21,76%, hemiselulosa 15,69%, abu 7,49% dan zat ekstraktif 2,99%. Kandungan selulosa dan lignin yang cukup tinggi memungkinkan penggunaan alang-alang sebagai bahan baku alternatif pembuatan papan partikel. Oleh karena itu, alang-alang yang semula sebagai gulma pengganggu dapat dimanfaatkan untuk menjadi produk papan partikel dengan nilai ekonomi yang lebih tinggi.

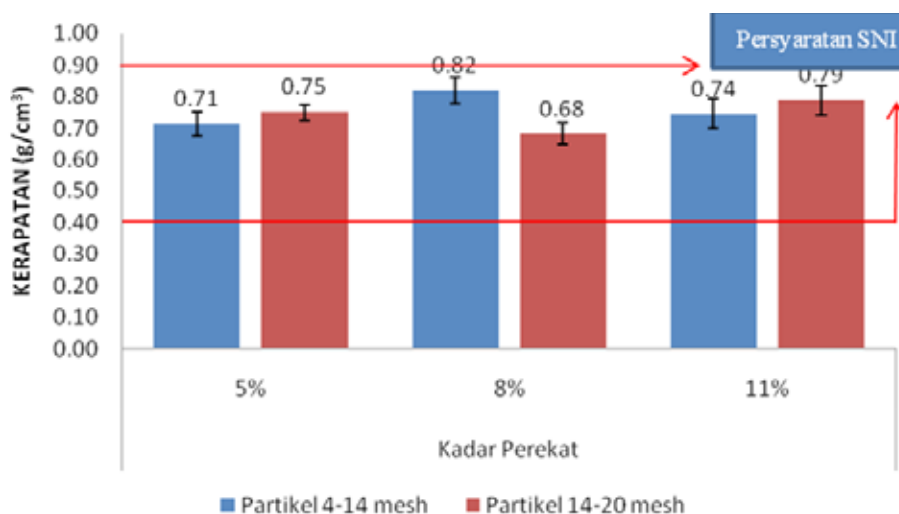
Kandungan selulosa alang-alang pada penelitian ini (42,50%) tidak berbeda jauh dengan kandungan selulosa alang-alang sebesar 40,22% (Sutiya 2012). Kandungan hemiselulosa alang-alang dari hasil penelitian ini adalah 15,69%, sedangkan Sutiya (2012) melaporkan kandungan hemiselulosa alang-alang sebesar 18,40%. Namun terdapat perbedaan hasil dari analisis kandungan lignin. Kandungan lignin alang-alang dari penelitian ini adalah 21,76%, sedangkan Sutiya (2012) melaporkan bahwa kandungan lignin dalam alang-alang adalah sebesar 31,29%. Perbedaan tersebut dapat disebabkan karena Sutiya tidak melaporkan kandungan abu dalam alang-alang, dimana kandungan abu dalam alang-alang dalam penelitian ini dilaporkan sebesar 7,49%. Perbedaan hasil analisis komponen kimia dalam alang-alang tersebut juga dapat disebabkan oleh perbedaan umur tanaman alang-alang. Perbedaan umur tanaman secara umum mempengaruhi kandungan selulosa, seperti yang dilaporkan oleh Siagian dan Komarayati (1998).

**Tabel 1.** Komposisi kimia alang-alang

	Hasil Penelitian	Sutiya (2012)
Kadar ekstraktif (%)	2,99	8,09
Kadar Hemiselulosa (%)	15,69	18,40
Kadar Lignin (%)	21,76	31,29
Kadar Alfaselulosa (%)	42,50	40,22
Kadar Abu (%)	7,49	tidak ada data

### Kerapatan papan partikel alang-alang

SNI 03-2105-2006 mengenai papan partikel mensyaratkan nilai kerapatan sebesar 0,40-0,90 g/cm<sup>3</sup>. Hasil pengujian kerapatan disajikan pada Gambar 1. Nilai kerapatan yang dihasilkan pada pengujian telah memenuhi SNI 03-2105-2006 tentang papan partikel.



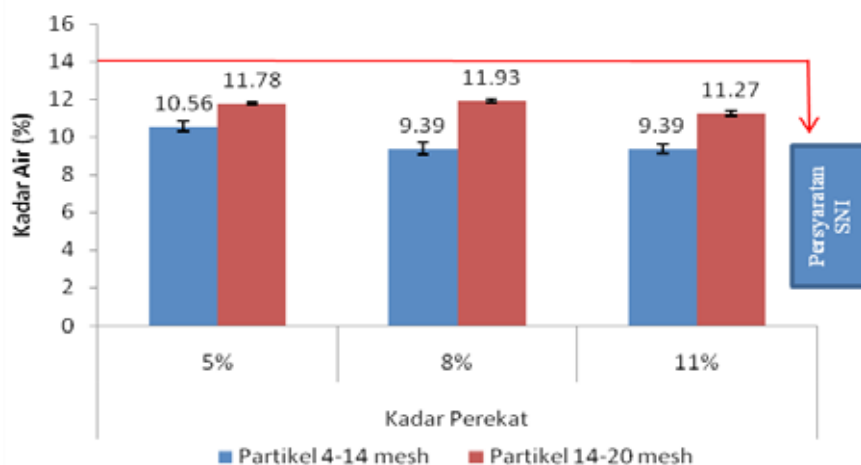
**Gambar 1.** Kerapatan papan partikel alang-alang dengan berbagai kadar perekat isosianat

Target kerapatan dalam pengujian ini adalah  $0,90 \text{ g/cm}^3$ , namun setelah pengujian ternyata target kerapatan tidak tercapai. Papan partikel alang-alang yang dihasilkan pada penelitian ini menunjukkan kerapatan antara  $0,68 \text{ g/cm}^3$  hingga  $0,82 \text{ g/cm}^3$ .

Nilai kerapatan dapat dipengaruhi oleh tidak meratanya penyebaran partikel pada tahap pembuatan lembaran, juga dapat disebabkan oleh besar dan konsistensi tekanan yang diberikan pada saat pengempaan. Semakin tinggi kerapatan papan yang dibuat, maka semakin besar pula tekanan kempa yang diperlukan pada saat pengempaan papan. Alat kempa panas yang digunakan harus mampu mempertahankan tekanan pada tingkat tekanan yang diperlukan agar menghasilkan papan dengan target kerapatan yang ditetapkan.

### Kadar air papan partikel alang-alang

Pengujian kadar air dilakukan dengan menggunakan oven, dimana contoh uji sebelum dimasukkan ke dalam oven, ditimbang untuk mendapatkan nilai berat awal (BA). Selanjutnya contoh uji dikeringkan menggunakan oven selama 24 jam dengan suhu  $105^\circ\text{C}$ . Setelah 24 jam, dilakukan penimbangan kembali terhadap contoh uji untuk mendapatkan nilai berat kering oven (BKO). Hasil pengujian kadar air disajikan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Kadar air papan partikel alang-alang dengan berbagai kadar perekat isosianat

Nilai kadar air yang disyaratkan SNI 03-2105-2006 tentang papan partikel yaitu sebesar  $\leq 14\%$ . Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar air paling tinggi adalah papan partikel dengan ukuran partikel 14-20 mesh dan kadar perekat 8% dengan kadar air sebesar 11,93%. Di sisi lain, papan dengan kadar air paling kecil adalah papan partikel alang-alang dengan ukuran partikel 4-14 mesh, baik dengan kadar perekat 8% maupun dengan kadar perekat 11%. Semua papan partikel alang-alang yang dihasilkan dalam penelitian ini menunjukkan kadar air kurang dari 14%. Dengan demikian, hasil pengujian kadar air sesuai dengan persyaratan SNI 03-2105-2006.

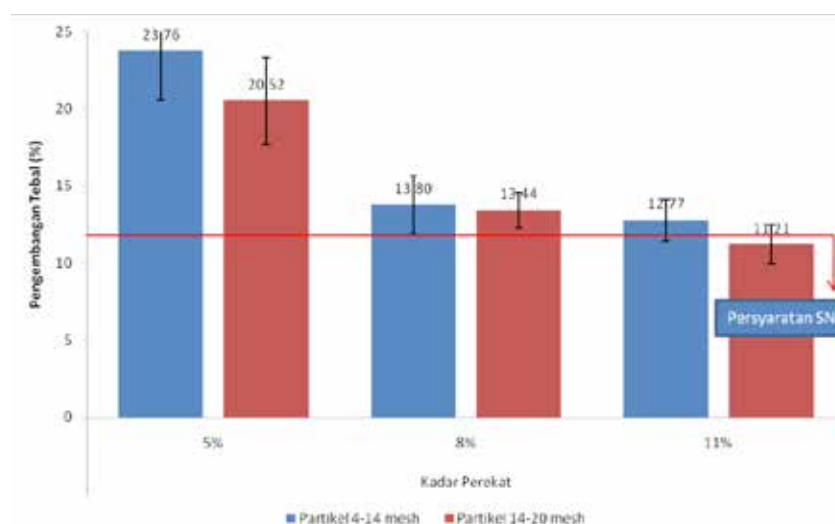
Faktor ukuran partikel mempengaruhi nilai kadar air papan. Kadar air papan partikel dengan ukuran partikel alang-alang sebesar 4-14 mesh lebih rendah dibandingkan papan dengan ukuran partikel 14-20 mesh, pada kadar perekat isosianat yang sama. Luas permukaan partikel ukuran 4-14 mesh secara total dalam suatu papan, lebih sempit dibandingkan dengan

luas permukaan partikel ukuran 14-20 mesh. Oleh karena itu, pada kadar perekat yang sama (jumlah perekat yang sama), perekat isosianat dapat melaburi permukaan partikel ukuran 4-14 mesh dengan lebih baik, dibandingkan partikel 14-20 mesh. Dan menyebabkan terjadinya perekatan yang lebih baik sehingga kadar air papan menjadi lebih rendah.

Selain faktor ukuran partikel dan kadar perekat, nilai kadar air papan juga dapat dipengaruhi oleh suhu kempa. Pada penelitian Lasmaria (2013) didapat nilai kadar air tertinggi ditunjukkan oleh papan partikel limbah batang kelapa sawit yang dikempa pada suhu 150°C dan nilai kadar air terendah ditunjukkan oleh papan partikel limbah batang kelapa sawit yang dikempa pada suhu 170°C. Nilai kadar air yang dihasilkan cenderung semakin menurun dengan meningkatnya suhu kempa. Hal ini disebabkan karena peningkatan suhu pada kempa panas akan mempercepat penguapan air dari cetakan sehingga menghasilkan nilai kadar air papan yang rendah.

### Pengembangan tebal papan partikel alang-alang

Pengujian pengembangan tebal dilakukan dengan cara merendam contoh uji papan partikel selama 24 jam. Sebelumnya dilakukan pengukuran ketebalan dari contoh uji untuk dijadikan tebal awal (T<sub>0</sub>). Setelah direndam contoh uji kembali diukur ketebalannya untuk mendapatkan nilai tebal akhir (T<sub>1</sub>). Hasil pengujian pengembangan tebal disajikan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Pengembangan tebal papan partikel alang-alang dengan berbagai kadar perekat isosianat.

Berdasarkan hasil pengujian pengembangan tebal, sebagian besar nilai pengembangan tebal tidak memenuhi syarat SNI 03-2105-2006 mengenai papan partikel dimana nilai pengembangan tebal yang diizinkan sebesar  $\leq 12\%$ . Nilai yang memenuhi syarat SNI hanyalah pada papan dengan kadar perekat 11%. Papan partikel alang-alang dengan ukuran partikel 4-14 mesh dan kadar perekat 11% memiliki nilai rata-rata pengembangan tebal sebesar 12,77%, sedangkan papan partikel alang-alang dengan ukuran partikel 14-20 mesh dan kadar perekat 11% memiliki nilai rata-rata pengembangan tebal sebesar 11,21%.

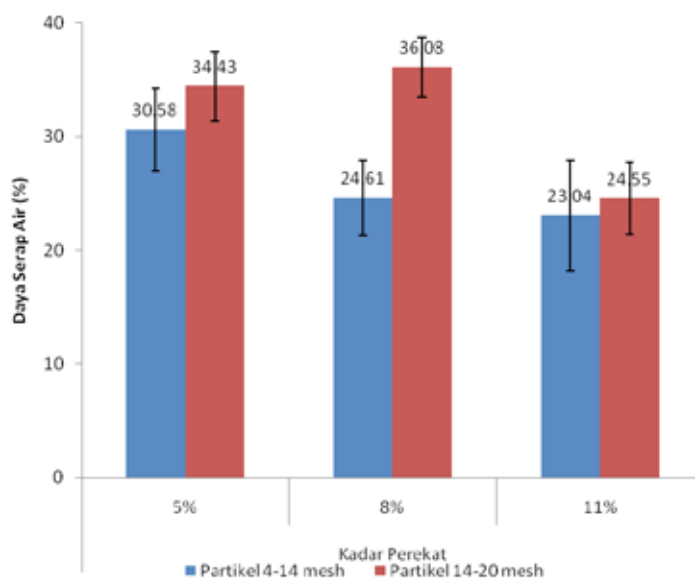
Pengembangan tebal rata-rata papan partikel alang-alang dengan kadar perekat 5% mencapai 23,76% untuk ukuran partikel 4-14 mesh dan mencapai 20,52% untuk ukuran

partikel 14-20 mesh. Hal ini menunjukkan bahwa kadar perekat isosianat sebesar 5% belum cukup untuk menghasilkan papan dengan pengembangan tebal yang memenuhi standar SNI. Celah antara partikel belum dapat diisi dengan baik oleh perekat, sehingga air masih dapat mengisi celah kosong dan menyebabkan nilai pengembangan tebal papan yang cukup besar.

Sementara itu, papan dengan kadar perekat 8%, nilai pengembangan tebalnya berkisar 13,80% (ukuran partikel 4-14 mesh) dan 13,44% (ukuran partikel 14-20 mesh). Terjadi perbaikan sifat pengembangan tebal papan sebesar 41,91% untuk papan dengan ukuran partikel 4-14 mesh dan 34,50% untuk papan dengan ukuran partikel 14-20 mesh. Kemudian penambahan perekat hingga kadar perekat 11%, hanya sedikit memperbaiki sifat pengembangan tebal papan.

### Daya serap air papan partikel alang-alang

Pengujian daya serap air memerlukan waktu pengujian yang sama dengan kadar air yaitu 24 jam dengan cara contoh uji ditimbang untuk mengetahui nilai berat awal (B0) lalu benda uji di random dalam air selama 24 jam, selanjutnya setelah direndam lalu ditiriskan selama 5-10 menit, kemudian timbang kembali untuk mendapatkan nilai berat basah (B1). Hasil pengujian disajikan pada Gambar 4. Besarnya daya serap air papan partikel di dalam SNI 03-2105-2006 tidak disyaratkan. Nilai daya serap air yang terbesar adalah pada papan dengan ukuran partikel 14-20 mesh dan kadar perekat 8% dengan rata-rata sebesar 36,08% dan yang paling rendah nilai daya serap airnya pada papan dengan ukuran partikel 4-14 mesh dan kadar perekat 11% dengan rata-rata mencapai 23,04%.

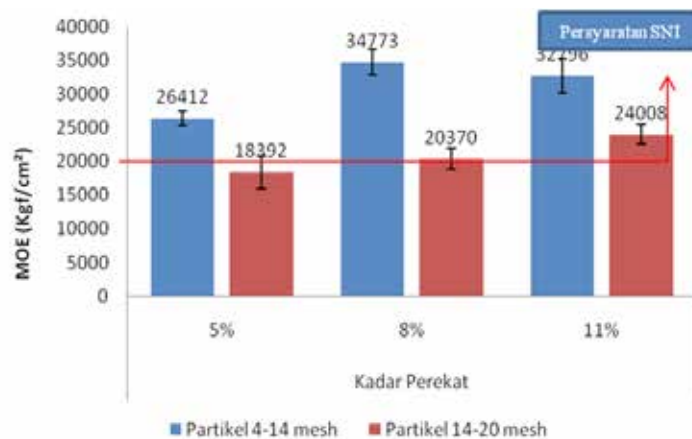


**Gambar 4.** Daya serap air papan alang-alang dengan berbagai kadar perekat isosianat

Kecenderungan nilai daya serap air papan serupa dengan kecenderungan yang ditunjukkan oleh nilai kadar air papan (Gambar 2). Papan dengan kadar air rendah menunjukkan daya serap air yang juga rendah. Papan dengan kadar air rendah, dapat berarti bahwa hanya ada sedikit air yang terkandung dalam papan karena celah yang ada sudah tertutup oleh perekat. Kemungkinan air dari luar untuk dapat masuk ke dalam papan menjadi terbatas sehingga daya serap air papan tersebut menjadi rendah.

## Keteguhan lentur

Pengujian MOE menggunakan alat Universal Testing Machine (UTM), dimana alat tersebut memberikan beban pada contoh uji sehingga didapat nilai keteguhan lenturnya. Nilai MOE yang disyaratkan SNI 03-2105-2006 tentang papan partikel yaitu sebesar  $\geq 2,04 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ . Hasil pengujian disajikan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Keteguhan lentur papan partikel alang-alang dengan berbagai kadar perekat isosianat

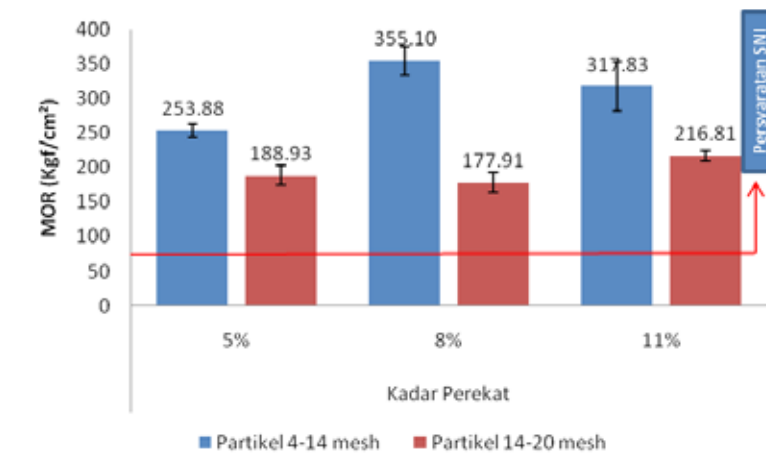
Hasil pengujian menunjukkan bahwa sebagian besar nilai MOE papan telah memenuhi persyaratan SNI 03-2105-2006. Nilai MOE yang paling kecil terdapat pada papan partikel dengan ukuran 14 ~ 20 mesh dan kadar perekat isosianat 5% dan nilai MOE yang paling tinggi terdapat pada papan partikel alang alang dengan ukuran partikel 4 ~ 14 mesh dan kadar perekat isosianat 8%. Kadar perekat isosianat 5%, 8% maupun 11%, nilai MOE papan partikel alang-alang dengan ukuran partikel 4 ~ 14 mesh lebih tinggi dibandingkan dengan papan partikel alang-alang dengan ukuran partikel 14 ~ 20 mesh.

Elastisitas menunjukkan deformasi suatu benda (*strain*) akibat adanya beban (*stress*), dimana benda tersebut masih dapat kembali ke bentuk semula apabila beban dihilangkan. Apabila beban yang dikenakan melebihi batas proposional benda, maka akan terjadi kerusakan. Papan alang-alang dengan ukuran partikel 4 ~ 14 mesh dapat menahan beban sampai batas proposional, lebih baik dibandingkan dengan papan alang-alang dengan ukuran partikel 14 ~ 20 mesh. Bentuk partikel penyusun yang lebih besar menyebabkan papan partikel menjadi lebih kaku dan memiliki MOE yang lebih tinggi.

Hasil penelitian Prabhowo (2015) tentang papan partikel dari batang sorgum dengan perekat isosianat menunjukkan bahwa nilai MOE yang dihasilkan tidak memenuhi SNI 03-2105-2006. Nilai MOE tertinggi didapat dari papan partikel batang sorgum dengan suhu kempa 150°C sebesar 13490,4 kg/cm<sup>2</sup> dan nilai MOE terendah didapat dari papan partikel batang sorgum dengan suhu kempa 170°C sebesar 9882,7 kg/cm<sup>2</sup>. Tidak terpenuhinya nilai MOE papan partikel batang sorgum tersebut, disebabkan karena ukuran partikel batang sorgum yang digunakan dalam penelitian Prabhowo adalah sebesar 14-20 mesh.

## Keteguhan patah

Pengujian keteguhan patah menggunakan alat yang sama dengan alat yang digunakan pada saat pengujian keteguhan lentur yaitu alat Universal Testing Machine (UTM). Hasil pengujian keteguhan patah disajikan pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Keteguhan patah papan partikel alang-alang dengan berbagai kadar perekat.

Dari hasil pengujian keteguhan patah, nilai yang diperoleh telah memenuhi batas persyaratan SNI 03-2105-2006 yaitu  $\geq 82$  kgf/cm<sup>2</sup>. Nilai rata-rata keteguhan patah yang paling besar (355,10 kg/cm<sup>2</sup>) didapat dari papan partikel alang-alang dengan ukuran partikel 4~14 mesh dan kadar perekat 8%, sedangkan nilai keteguhan patah yang paling rendah (177,91 kg/cm<sup>2</sup>) didapat dari papan partikel alang-alang dengan ukuran partikel 14~20 mesh dengan kadar perekat 8%.

Jika dilihat dari nilai yang diperoleh pada pengujian MOE dan MOR dapat diambil kesimpulan bahwa papan partikel alang-alang dengan ukuran partikel 4-14 mesh dan kadar perekat 8%, pada penelitian ini memiliki kekakuan yang baik dan keteguhan patah yang kuat. Pada penelitian Saputra (2016), nilai MOR tertinggi dihasilkan pada papan partikel batang jagung dengan kadar perekat isosianat 11% yaitu sebesar 307,270 kgf/cm<sup>2</sup>. Disisi lain nilai MOR terendah dihasilkan pada papan partikel dengan kadar perekat isosianat 9% yaitu sebesar 157,156 kgf/cm<sup>2</sup>. Hal ini diduga disebabkan karena kerapatan serta ketebalan papan partikel tidak sesuai dengan yang ditargetkan.

Pada kadar perekat yang sama, yaitu 11%, nilai MOR pada penelitian ini lebih besar (317,83 kgf/cm<sup>2</sup>) dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Saputra (2016), yaitu sebesar 307,27 kgf/cm<sup>2</sup>. Hal ini dapat disebabkan oleh kerapatan papan atau *compression ratio* papan yang berbeda.

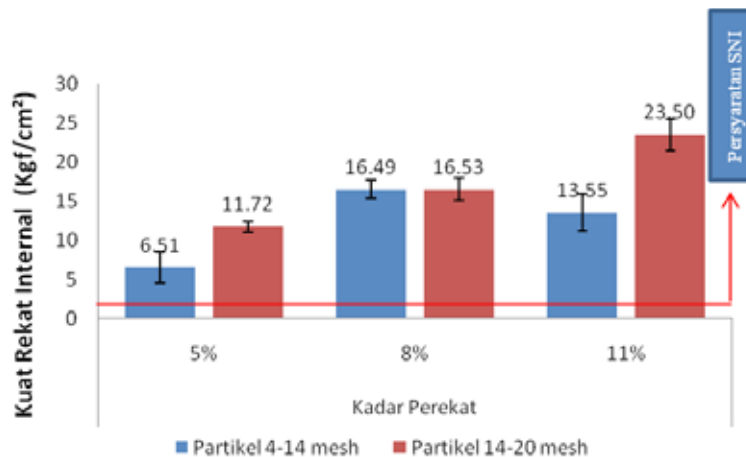
## Kuat rekat internal

Pengujian kuat rekat internal juga menggunakan alat UTM. Namun, aksesoris yang digunakan berbeda dengan aksesoris yang digunakan pada pengujian MOE dan MOR. Hasil pengujian kuat rekat internal disajikan dan pada Gambar 7.

Nilai kuat rekat internal yang disyaratkan SNI 03-2105-2006 tentang papan partikel yaitu sebesar  $\geq 1,5$  kgf/cm<sup>2</sup>. Semua hasil pengujian kuat rekat internal dari papan partikel alang-

alang dalam penelitian ini telah memenuhi syarat SNI 03-2105-2006 karena berkisar antara 6,51 kgf/cm<sup>2</sup> sampai 23,50 kgf/cm<sup>2</sup>.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan oleh Saputra (2016), nilai kuat rekat internal tertinggi dihasilkan pada papan partikel batang jagung dengan kadar perekat 11% yaitu sebesar 20,083 kgf/cm<sup>2</sup>. Nilai kuat rekat internal terendah dihasilkan oleh papan partikel batang jagung dengan kadar perekat 9% yaitu sebesar 5,080 kgf/cm<sup>2</sup>. Hal ini diduga disebabkan karena kerapatan serta ketebalan papan partikel tidak sesuai dengan yang ditargetkan.

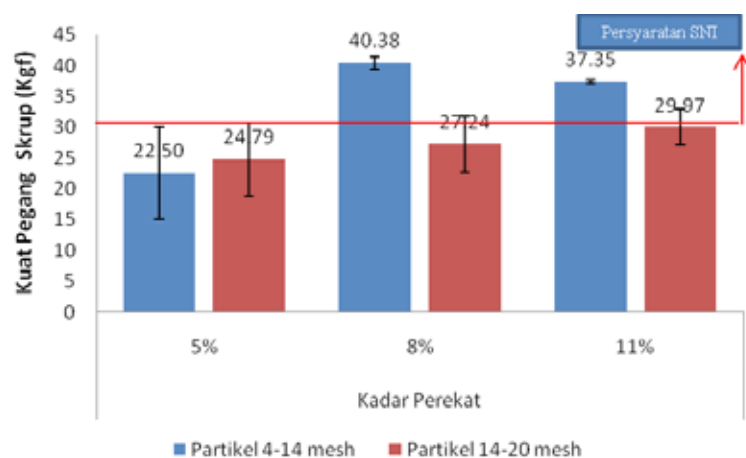


**Gambar 7.** Keteguhan rekat internal papan alang-alang dengan berbagai kadar perekat isosianat.

Pada pengujian ini nilai kuat rekat internal tertinggi adalah pada papan dengan ukuran partikel 14~20 mesh dan kadar perekat 11% yaitu 23,50 Kg/cm<sup>2</sup>. Nilai ini lebih besar dibanding dengan nilai yang diperoleh Saputra (2016), pada kadar perekat yang sama 11% (20,083 Kg/cm<sup>2</sup>), ini dapat disebabkan karena penggunaan bahan dan ukuran partikel yang berbeda.

### Kuat pegang sekrup

Nilai kuat pegang sekrup yang disyaratkan SNI 03-2105-2006 tentang papan partikel yaitu sebesar ≥ 31 kgf. Pengujian kuat pegang sekrup menggunakan alat UTM dengan aksesoris yang sesuai. Hasil pengujian disajikan pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Kuat pegang sekrup papan alang-alang dengan berbagai kadar perekat isosianat

Dari hasil pengujian kuat pegang skrup menunjukkan bahwa sebagian contoh uji tidak memenuhi syarat SNI 03-2105-2006. Nilai tertinggi pengujian kuat pegang skrup didapat dari papan partikel alang-alang dengan ukuran partikel 4~14 mesh dan kadar perekat 8%, yaitu sebesar 40,38 Kgf, sedangkan nilai terendah didapat dari papan partikel alang-alang dengan ukuran partikel 4~14 mesh dengan kadar perekat 5%, yaitu sebesar 22,50 Kgf.

Pada Gambar 8, diagram menunjukkan nilai kuat pegang skrup papan partikel alang-alang dengan ukuran 14~20 mesh, semakin meningkat dengan semakin tingginya kadar perekat yang digunakan, walaupun belum memenuhi persyaratan SNI 03-2105-2006. Pada papan partikel dengan ukuran 14~20 mesh, karakteristik kuat pegang skrup tidak memenuhi standar SNI, disebabkan karena dimensi partikel yang kecil. Daerah perbatasan antara permukaan partikel menjadi titik lemah dari papan partikel. Partikel kecil menyebabkan daerah perbatasan antara partikel secara keseluruhan dalam suatu papan, menjadi lebih luas dan memperlemah karakteristik kuat pegang skrup dari suatu papan.

Secara ringkas karakteristik sifat fisis dan mekanis papan partikel alang-alang dengan perekat isosianat disajikan pada Tabel 2. Sebagian besar papan sudah memenuhi standar SNI untuk papan partikel tipe 18 untuk keteguhan patah (MOR) dan kuat rekat internal. Dan papan partikel alang-alang dengan ukuran partikel 4~14 mesh dan kadar perekat 8% merupakan papan dengan sifat fisis mekanis terbaik dalam penelitian ini.

**Tabel 2.** Karakteristik fisis dan mekanis papan alang-alang dengan perekat isosianat

SNI 03-2105-2006 Papan partikel tipe 8 KP 5%		Partikel 4-14 mesh			Partikel 14-20 mesh		
		KP 8%	KP 11%	KP 5%	KP 8%	KP 11%	
Kerapatan (g/cm <sup>3</sup> )	0,40-0,90	0,713	0,820	0,744	0,750	0,680	0,790
Kadar air (%)	≤ 14	10,56	9,39	9,39	11,78	11,93	11,27
Pengembangan tebal (%)	≤ 12	23,76	13,80	12,77	20,52	13,44	11,21
Daya serap air (%)	-	30,58	24,61	23,04	34,43	36,08	24,55
MOE (kgf/cm <sup>2</sup> )	≥ 2,04 x 10 <sup>4</sup>	26.412	34.773	32.796	18.392	20.370	24.008
MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )	≥ 82	253,88	355,10	317,83	188,93	177,91	216,81
Kuat rekat internal (kgf/cm <sup>2</sup> )	≥ 1,5	6,51	16,49	13,55	11,72	16,53	23,50
Kuat pegang skrup (kgf)	≥ 31	22,50	40,38	37,25	24,79	27,24	29,97

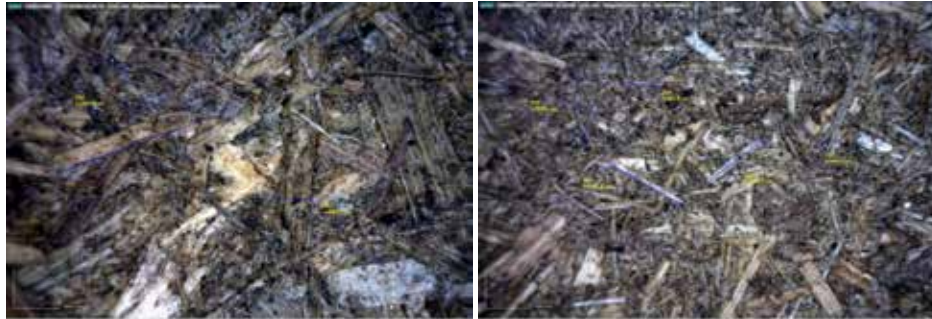
Keterangan :

	Tidak memenuhi SNI
	Memenuhi SNI Papan partikel Tipe 8
	Memenuhi SNI Papan partikel Tipe 13
	Memenuhi SNI Papan partikel Tipe 18

### Morfologi papan partikel alang-alang

Pengamatan permukaan papan partikel alang-alang dengan kadar perekat isosianat sebanyak 8% menggunakan mikroskop disajikan pada Gambar 9. Perekat isosianat terlihat telah cukup melaburi permukaan partikel alang-alang dengan ukuran 4~14 mesh, dibandingkan

pada papan dengan ukuran partikel 14~20 mesh. Luas permukaan partikel ukuran 4~14 mesh secara total dalam suatu papan, lebih sempit dibandingkan dengan luas permukaan partikel 14~20 mesh. Pada kadar perekat yang sama (jumlah perekat yang sama), perekat isosianat dapat melaburi permukaan partikel ukuran 4~14 mesh dengan lebih baik, dibandingkan partikel 14~20 mesh, sehingga menghasilkan papan partikel dengan sifat mekanis yang lebih baik.



**Gambar 9.** Permukaan papan partikel alang-alang dengan kadar perekat isosianat sebanyak 8% menggunakan partikel alang-alang berukuran 4~14 mesh (a) dan 14~20 mesh (b).

### Kesimpulan

Variasi ukuran partikel alang-alang dan kadar perekat isosianat dapat mempengaruhi karakteristik fisis dan mekanis papan partikel. Papan partikel alang-alang dengan sifat fisis dan mekanis yang optimum adalah papan partikel dengan ukuran partikel 4~14 dan kadar perekat isosianat 8%.

### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pak Sudarmanto dan Pak Saeful yang telah membantu dalam hal pembuatan papan partikel. Penelitian ini dibiayai oleh Program SATREPS: The Project For Producing Biomass Energy And Material Through Revegetation Of Alang -Alang (*Imperata Cylindrica*) Fields.

### Daftar Pustaka

- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2006. SNI 03-2105-2006. Papan partikel. Indonesia.
- Friday KS, Drilling EM, Garrity DP. 1999. Imperata grassland rehabilitation using agroforestry and assisted natural regeneration. Book. International Centre for Research in Agroforestry, SEA Regional Research Programme.
- Lasmaria M. 2013. Pengaruh suhu dan Waktu Pengempaan Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel dari Limbah Batang Kelapa Sawit dengan Perekat Isosianat. Skripsi (Tidak dipublikasikan). Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Nemli G, Acar C. 2009. Feasibility of incorporating waste grass clipping (*Lolium perenne* L.) in particleboard composites. *Waste Management* **29(3)**: 1129-1131.

- Panichnava S, Nimityongskul P. 2017. Development of Particles Boards from Vertiver Grass. [prvn.rdpb.go.th>files](http://prvn.rdpb.go.th>files).
- Prabhowo S. 2015. Kajian Karakteristik Papan Partikel Batang Sorgum dengan Perekat Isosianat pada Variasi Suhu Kempa. Skripsi (Tidak dipublikasikan). Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta.
- Saputra M. 2016. Karakteristik Papan Partikel Batang Jagung dengan Perbedaan Kadar Perekat Isosianat Terhadap Sifat Fisis Mekanis Papan Partikel. Skripsi (Tidak dipublikasikan). Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Siagian RM, Komarayati S. 1998. Pengaruh umur terhadap komposisi kimia kayu *Gmelia arborea* Roxb. Buletin Penelitian Hasil Hutan **15(6)**: 395-404.
- Sucipto T, Iswanto AH, Azhar I. 2010. Karakteristik Papan Partikel dari Limbah Batang Sawit dengan Menggunakan Tiga Jenis Perekat. Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan **3 (2)**
- Sunardi I, Fitriana N, Wianto T. 2013. Sifat Mekanik Biokomposit Polipropilena Daur Ulang Menggunakan Serat Alang-Alang (*Imperata cylindrica*). Jurnal Riset Industri Hasil Hutan **5(1)**: 37– 43.
- Sutiya B, Istikowati WT, Rahmadi A, Sunardi. 2012. Kandungan Kimia Dan Sifat Serat Alang-Alang (*Imperata cylindrica*) Sebagai Gambaran Bahan Baku Pulp Dan Kertas. Bioscientiae **9(1)**: 8-19.
- Thulasimani C, Ramesh S, Ramesh K, Salmah H. 2015. Fabrication and characterization of natural rubber/*Imperata cylindrica* cellulose fiber biocomposites. Asia-Pac. J. Chem. Eng. DOI: 10.1002/apj.1908.
- Yusup H. 2015. Uji Fisis Papan Partikel Akar Alang-Alang Sesuai Standar SNI 03-2105-2006. Jurnal Teknologi **8(1)**:37-43.

# Pemanfaatan Abu Sekam Padi sebagai Bahan Substitusi dalam Pembuatan Agregat Ringan

*Lasino*

Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Bandung

Email: [lsn\\_pu@yahoo.com](mailto:lsn_pu@yahoo.com)

## ABSTRAK

Abu sekam padi merupakan hasil pembakaran dari sekam padi dengan jumlah sekitar 20 % dari berat sekam dengan kandungan silika yang cukup besar dan termasuk bahan bersifat semen (*cementitious materials*). Sekam padi adalah bagian terluar dari butir padi yang merupakan hasil sampingan setelah proses penjemuran dan pengilangan padi dan berdasarkan data dari pengolahan padi, sekitar 20% dari bobot gabah adalah sekam. Sekam padi diperoleh sebagai *by product* dari proses penggilingan gabah menjadi beras. Saat ini pemanfaatan sekam padi melalui intervensi teknologi, misalnya untuk bahan bangunan, belum banyak menarik minat investor. Selain untuk meningkatkan nilai tambah hasil produksi, pemanfaatan sekam padi merupakan bentuk intervensi teknologi, sejalan dengan konsep *zero waste* dan ramah lingkungan. Berdasarkan sebaran wilayah penghasil beras, Pulau Jawa masih merupakan wilayah penghasil terbesar yaitu sebesar 28,6 juta ton per tahun (55,6 %). Diikuti oleh P. Sumatra sekitar 11,5 juta ton per tahun (22,4 %) dan P. Sulawesi 5,4 juta ton per tahun (0,6 %). Dengan tingkat produksi nasional saat ini sebesar 57,16 juta ton, maka potensi sekam yang dapat dihasilkan adalah sebesar 11,43 juta ton/tahun. Jumlah tersebut akan bertambah seiring dengan rencana pemerintah melalui Kementerian Pertanian yang akan membuka sawah seluas 1.000.000 Ha. Pemanfaatan sekam saat ini baru sebatas untuk bahan pencampur dalam pembuatan bata dan bahan bakar dalam pembakaran bata dengan tungku ladang, sehingga belum terasa peningkatan nilai ekonomisnya. Pengkajian pemanfaatan abu sekam padi untuk agregat ringan merupakan upaya dalam optimalisasi pemanfaatan bahan limbah tersebut sehingga memiliki nilai guna dan nilai ekonomis yang lebih tinggi sekaligus mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Dengan potensi dan karakteristik seperti diatas, maka perlu untuk terus meningkatkan pemanfaatannya, salah satunya adalah sebagai bahan substitusi dalam pembuatan agregat ringan. Metoda penelitian yang digunakan adalah eksperimental dengan membuat beberapa variasi campuran atau kadar abu sekam mulai 0 %, 10 %, 20 % dan 30 % dari tanah liat (*clay*) dan *shale* serta suhu bakar yang digunakan. Dari hasil penelitian diperoleh data bahwa dengan penambahan abu sekam memberikan indikasi dapat meningkatkan mutu agregat yaitu pada abu sekam sebesar 0 % nilai kekerasan agregat = 9,54 ton; abu sekam 10 % = 9,62 ton; abu sekam 20 % = 11,02 ton; dan abu sekam 30 % = 11,52 ton. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan abu sekam dapat memberikan nilai positif terhadap agregat ringan dengan kadar optimum 30 %, sedangkan seluruh hasil dapat memenuhi persyaratan untuk beton ringan struktural yaitu memiliki nilai kekerasan (*teen percent crhusing value*) antara 9,0 ton – 14,0 ton.

**Kata kunci:** abu sekam, agregat ringan, bahan limbah, potensi lokal, ramah lingkungan.

## Pendahuluan

Agregat ringan merupakan salah satu material yang dapat digunakan untuk membuat beton ringan baik yang bersifat struktural maupun non-struktural. Berbagai jenis agregat ringan seperti batu apung, perlit, batu paras/hasil pembekuan lava, dan agregat ringan buatan (ALA). Agregat ringan buatan merupakan hasil pembakaran dari bahan lempung bekah (*shale*)

atau tanah liat (*clay*) pada suhu tinggi  $\pm 900\text{ }^{\circ}\text{C}$  -  $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ <sup>(5)</sup>. Beberapa keunggulan dari agregat ini adalah dapat mengurangi berat beton yang dihasilkan, dapat menyerap suara dan lebih stabil, tahan terhadap api dan lingkungan agresif. Agregat ringan buatan dari bahan baku shale telah umum digunakan dan dapat memenuhi persyaratan teknis sebagai agregat untuk beton ringan struktural<sup>(6)</sup>. Namun dengan tingginya bahan bakar minyak (BBM) untuk proses pembakaran mengakibatkan tingginya biaya produksi sehingga penggunaannya sangat terbatas untuk tujuan tertentu misalnya ruangan kedap suara dan tahan api. Untuk mendapatkan agregat dengan sifat yang lebih baik dan murah diperlukan adanya inovasi khususnya alternatif bahan tambahan yang dapat meningkatkan mutu agregat dengan biaya pembakaran yang lebih rendah<sup>(2)</sup>. Beberapa bahan tambahan yang dapat digunakan seperti limbah batu bara berupa *bottom ash*, batuan obsidian/perlite, serbuk gergaji, abu sekam padi dan sebagainya<sup>(23)</sup>. Sebagai bahan baku, selain lempung bekah/shale dapat juga digunakan bahan baku tanah liat untuk pembuatan agregat ringan buatan<sup>(4)</sup>. Dalam penelitian ini akan dilakukan pengembangan agregat ringan dengan menggunakan bahan baku *clay* dengan bahan tambahan abu sekam padi. Penelitian ini dimaksudkan untuk memanfaatkan abu sekam padi sebagai bahan substitusi dalam pembuatan agregat ringan buatan (*Artificial Lightweight Aggregate/ALA*), dengan tujuan memperoleh bahan yang ringan serta memiliki tingkat ketahanan api dan lingkungan agresif lebih baik<sup>(18)</sup>. Sasaran yang ingin dicapai adalah tersedianya agregat ringan yang memenuhi syarat untuk beton ringan struktural<sup>(6)</sup>.

Agregat ringan buatan (*Artificial lightweight aggregate/ALA*) merupakan hasil pengolahan bahan baku menjadi butiran dengan ukuran tertentu dan dapat digunakan sebagai agregat dalam pembuatan beton ringan. Bahan ini telah lama dihasilkan di Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman dengan menggunakan bahan baku lempung bekah (*shale*) dan dinamakan agregat lempung bekah (*expanded clay*)<sup>(5)</sup>.

*Expanded clay* atau agregat lempung bekah adalah merupakan hasil pembakaran lempung pada temperatur tertentu dimana pada saat terjadi keadaan plastis bahan ini akan mengembang atau membekah dan setelah dingin membentuk struktur vesikuler porous yang permanen, kuat, dan ringan<sup>(5)</sup>. Proses terjadinya pembekahan lempung pada prinsipnya memerlukan dua kondisi atau persyaratan, yaitu<sup>(22)</sup> :

- Material lempung harus mempunyai komposisi kimia yang seimbang antara flux ( $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ), silika ( $\text{SiO}_2$ ), dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) untuk menghasilkan leburan yang viskous cukup untuk menahan gas yang timbul pada temperatur tinggi.
- Material harus mengandung zat-zat yang dapat terurai atau bereaksi dengan konstituen lain untuk menghasilkan gas pada temperatur dimana terjadi leburan.

Dengan persyaratan atau batasan tersebut, maka akan digunakan sebagai dasar dalam identifikasi bahan baku dan pengembangan yang dapat dilakukan berdasarkan unsur yang dimiliki serta sifat bahan pada saat kondisi leleh<sup>(5)</sup>.

Tanah/lempung adalah akumulasi partikel mineral yang ikatan antar partikelnya lemah, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan. Ikatan lemah tersebut disebabkan oleh pengaruh karbonat/oksida yang tersenyawa diantara partikel atau adanya bahan organik. Pembentukan tanah dapat disebabkan oleh pengaruh fisis atau kimiawi. Bahan yang berbutir  $< 0,002\text{ mm}$  disebut lempung. Pelapukan dapat menyebabkan terjadinya tanah primer (terdapat ditempat terjadinya disintegrasi) dan tanah sekunder (tanah mengalami transportasi)<sup>(2)</sup>.

Beberapa klasifikasi tanah/lempung yang digunakan dalam industri bahan bangunan seperti<sup>(9)</sup> ;

- Berdasarkan sifat fisiknya (lempung marl, lempung merah, lempung loams, batu lempung dll.)
- Berdasarkan mineralnya (lempung kaolinit, halloysit, illit, montmorilonit, kaolonit-halloysit),
- Berdasarkan distribusi butirannya, lempung tersusun oleh 3 fraksi bahan (fraksi mineral lempung), yaitu fraksi 20-2 mikron, lebih besar dari 20 mikron dan lebih kecil dari 2 mikron.
- Berdasarkan komposisi kimianya, tanah liat tersusun dari oksida-oksida sebagai berikut :
  - SiO<sub>2</sub> : 50 – 70 %
  - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 10 – 35 %
  - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 2 – 8 %
  - TiO<sub>2</sub> : 0,1 – 2 %
  - CaO : 0,5 – 15 %
  - MgO : 0,2 – 5 %
  - SO<sub>3</sub> : 0 - 0,5 %
  - HP : 3 - 12 %

Selanjutnya spesifikasi tanah liat sebagai bahan baku, bahan bangunan keramik sebagai berikut<sup>(9)</sup>:

a) Berdasar partikel butirannya :

Ukuran (mm)	Presentasi (%)
> 1,0	0 - 3
> 0,20	0 - 20
> 0,09	8 - 25
> 0,06	10 - 30
> 0,02	15 - 45
> 0,002	20 - 65
< 0,002	15 - 50

Bahan baku yang berupa gumpalan padat, setelah kering dipecah, dan diayak kemudian langsung dimasukkan ke dalam tungku bakar. Proses ini biasanya menghasilkan agregat dengan bentuk dan sifat permukaan yang kurang beraturan. Sistem ini dapat diterapkan juga untuk bahan lempung yang sangat keras, shale dan slate<sup>(5)</sup>.

Bahan baku dalam keadaan basah, diaduk, dan bila perlu ditambah dengan bahan lain (batubara, kokas, atau antrasit) kemudian dibentuk menjadi bulatan (pellet) ukuran tertentu kemudian dikeringkan dan dibakar. Proses ini akan menghasilkan agregat yang uniform, permukaan halus, bulat, dan lebih ringan. Tetapi dengan proses basah ini akan memerlukan

biaya yang lebih tinggi dibanding dengan proses kering. Berlaku untuk bahan lempung basah atau plastis<sup>(5)</sup>.

Dalam proses pembuatan, agar mudah mencapai suhu /temperatur sintering yang diperlukan (biasanya antara 900 °C – 1000 °C), maka bahan baku dapat dicampur dengan bahan lain seperti bubuk batubara, kokas, atau antrasit, dengan ditambah sejumlah air agar dapat dicetak/dibentuk menjadi butiran ukuran tertentu dan dimasukkan ke dalam dapur pembakar. Dapat menggunakan tungku putar atau tungku tegak (sinter)<sup>(5)</sup>.

a) Dengan tungku sinter dapat diperoleh antara lain :

- Agregat berbentuk gumpalan-gumpalan. Hal ini dapat diatasi dengan melakukan penggilingan serta pengayakan;
- Pembakaran yang kurang merata sehingga agregat yang diperoleh kurang seragam.

b) Dengan tungku putar keuntungan yang diperoleh antara lain :

- Prosesnya berlangsung cepat;
- Agregat yang dihasilkan ringan atau permukaan agregat halus dan keras karena terlapis dengan lapisan serupa glass akibat pembakaran yang sempurna;
- Kapasitasnya besar dengan proses kontinyu;
- Waktu pembakaran dapat diatur dengan 3 (tiga) variabel, yaitu banyaknya bahan bakar, kecepatan putar, dan kemiringan dapur putar.
- Penggunaan bahan bakar dapat dihemat.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses pembuatan agregat ringan adalah :

- Kestabilan temperatur,
- Ukuran tungku, dan
- Pengenalan sifat bahan baku.

Hal tersebut sangat dipahami terlebih dahulu agar dalam proses pembakaran tidak terjadi kesulitan seperti penggumpalan, pelekatan, dan lain sebagainya.

Spesifikasi teknis agregat ringan (ALA) untuk beton ringan strukturan berdasarkan SNI 2461:2014 disajikan dalam tabel 1 berikut<sup>(6)</sup> :

**Tabel 1.** Persyaratan agregat ringan struktural

No.	Macam Uji	Persyaratan Mutu (utk. Struktural)
1	Berat Jenis, ..... (g/cc)	1,0 – 1,8
2	Penyerapan air, ..... (%) Bobot isi,	Maks. 20,0
3	- Gembur ..... (kg/L)	Maks 0,88
	- Padat ..... (kg/L)	-
4	Kadar air ..... (%)	-
5	Nilai keremukan 10 % , ..... (ton)	9,0 – 14,0

### **Bahan dan Metode Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental dengan membuat benda uji berupa agregat dari tanah liat (*clay*) dengan penambah abu sekam padi sebagai bahan substitusi dari beberapa suhu bakar dan variasi campuran untuk mendapatkan proporsi yang tepat dan suhu optimum sehingga diperoleh agregat yang kuat, ringan dan stabilitas. Selanjutnya hasil tersebut dilakukan pengujian dan analisis serta dibandingkan dengan persyaratan agregat ringan untuk beton struktural sehingga akan diperoleh suatu nilai efektifitas penambahan bahan abu sekam padi terhadap suhu bakar dan sifat agregat yang dihasilkan.

#### **Bahan dan alat**

Bahan tanah liat yang digunakan adalah lumpur Sidoarjo, lempung bekah (*shale*) diambil dari Wangon Jawa Tengah dan abu sekam padi diambil dari tungku pembakaran bata di Cilacap – Jawa Tengah yang berbentuk butiran halus berwarna abu-abu kehitaman. Bahan ini kemudian dilakukan penghalusan dengan tingkat kehalusan lolos ayakan 0,30 mm agar mudah pada proses pencampuran dalam pembuatan agregat ringan<sup>(5)</sup>. Peralatan yang digunakan adalah tungku pijar (*furnice*), tungku bakar putar (*Rotarry kiln*), mesin pemecah (*Crhusser*), ayakan (*siever*), alat pembentuk butiran (*pelettaizer*), mesin uji UTM (Universal Testing Machine) kapasitas 100 ton dan alat uji agregat serta alat bantu seperti timbangan, literan dan lainnya<sup>(4)</sup>.

#### **Rancangan percobaan**

Pada uji coba campuran dengan penambahan bahan substitusi menggunakan rancangan acak lengkap dengan 4 perlakuan bahan tambah dan suhu bakar. Hasil uji coba ini akan diperoleh campuran bahan baku yang optimal dalam pembuatan agregat ringan buatan. Selanjutnya dilakukan pengembangan skala produksi dengan melakukan uji coba produksi agregat ringan buatan dengan tungku putar (*rotarry kiln*), yang dilanjutkan dengan pengujian sifat fisis dan mekanis dari agregat tersebut. Pembuatan dan pengujian benda uji dimaksudkan

untuk mengetahui mutu agregat yang dihasilkan, yang meliputi uji penyerapan air, berat jenis, bobot isi, kadar air dan nilai keremukan atau kekerasannya, yang dapat diuraikan pada Tabel 2 berikut :

Tabel 2. Rancangan percobaan agregat ringan

No	Kode	Campuran (%)		Suhu bakar (°C)	Keterangan
		Shale	AS		
1	S-1	100	0	900 - 1000	Uji coba dengan <i>rotary kiln</i> diambil pada suhu dan proporsi yg optimal
2	S-2	90	10	900 - 1000	
3	S-3	80	20	900 - 1000	
4	S-4	70	30	900 - 1000	
		Clay	AS		
1	C-1	100	0	900 - 1000	Uji coba dengan <i>rotary kiln</i> diambil pada suhu dan proporsi yg optimal
2	C-2	90	10	900 - 1000	
3	C-3	80	20	900 - 1000	
4	C-4	70	30	900 - 1000	

Keterangan :

- S = bahan baku Shale dari Wangon-Cilacap
- C = bahan baku Clay / lumpur Sidoarjo
- AS = Abu Sekam
- Waktu pembakaran 5 dan 10 menit.

### Persiapan bahan baku dan bahan tambahan

Berdasarkan hasil analisis kimia masing-masing bahan baku dan bahan tambahan serta melakukan rancangan campuran dan suhu bakar selanjutnya bahan baku (*clay*) dan bahan tambahan (abu sekam padi) dikeringkan dengan cara dijemur agar mempermudah penghalusan, pencampuran dan pembentukan pelet, seperti terlihat pada Gambar 1, Gambar 2 dan Gambar 3<sup>(1)</sup>.



**Gambar 1.** Pengeringan Bahan Baku



**Gambar 2.** Pencampuran bahan

## Uji coba skala laboratorium

Setelah pencampuran dan pembentukan butiran (*pellet*) selanjutnya dilakukan uji bakar skala laboratorium dengan menggunakan tungku pijar untuk mendapatkan waktu dan suhu optimum. Dalam percobaan ini dilakukan berbagai variasi suhu dan waktu pembakaran yaitu antara 900 °C sampai dengan 1000 °C dengan selang temperatur 50°C, sedangkan waktu bakar dilakukan selama 5 dan 10 menit, seperti disajikan dalam Gambar 4 dibawah<sup>(8)</sup>.



**Gambar 3** Pembuatan butiran agregat



**Gambar 4** Pembakaran pada tungku pijar

## Uji coba pembakaran dengan tungku putar

Dari hasil uji coba bakar dengan tungku pijar, selanjutnya dilakukan uji coba bakar dengan tungku putar berdasarkan campuran/proporsi yang sesuai serta suhu dan waktu yang paling optimum<sup>(5)</sup>. Percobaan pembakaran menggunakan tungku putar dengan pengaturan kecepatan putaran 170-180 RPH dan terperatur antara 950°C – 1000°C.

## Hasil dan Pembahasan

### Hasil Pengujian tanah liat (lumpur Sidoarjo)

Pengujian / analisis kimia tanah liat (lumpur Sidoarjo) dilakukan di laboratorium Balai Besar Keramik (BBK) Bandung dengan hasil disajikan dalam tabel 3 berikut:

**Tabel 3.** Hasil analisis kimia tanah liat (lumpur Sidoarjo)

No	Uraian pengujian	Metode uji	Hasil uji (%)	Keterangan
1	SiO <sub>2</sub>	SNI 0449-2010	53,78	
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		15,79	
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,05	
4	TiO <sub>2</sub>		0,40	
5	CaO		4,10	
6	MgO		3,76	
7	Na <sub>2</sub> O		3,45	
8	K <sub>2</sub> O		1,02	
9	Hilang Pijar		9,13	

Keterangan : Hasil analisis di Balai Besar Keramik (BBK), Bandung

Bahan baku tanah liat diambil dari pusat semburan lumpur Sidoarjo (Pulus) Jawa Timur dan bila dilihat dari tabel diatas kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) kurang dari 70 % sehingga tidak memenuhi syarat untuk pembuatan agregat ringan sehingga perlu penambahan bahan dengan kadar silika yang mencukupi seperti abu sekam padi atau abu batu bara (*bottom ash*).

### Hasil pengujian shale (lempung bekah)

Pengujian / analisis kimia *shale* (lempung bekah) dilakukan di laboratorium Balai Besar Keramik (BBK) Bandung dengan hasil disajikan dalam Tabel 4 berikut:

**Tabel 4** Hasil analisis kimia *shale* (lempung bekah)

No	Uraian pengujian	Metode uji	Hasil uji (%)	Keterangan
1	$\text{SiO}_2$	SNI 0449-2010	52,27	
2	$\text{Al}_2\text{O}_3$		14,44	
3	$\text{Fe}_2\text{O}_3$		1,74	
4	$\text{TiO}_2$		0,58	
5	CaO		7,85	
6	MgO		2,96	
7	$\text{Na}_2\text{O}$		4,62	
8	$\text{K}_2\text{O}$		1,73	
9	Hilang Pijar		12,77	

Keterangan : Hasil analisis di Balai Besar Keramik (BBK), Bandung

Bahan baku *shale* di ambil dari daerah Wangon, Cilacap Jawa Tengah dan di lihat dari table diatas kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) kurang dari 70 % sehingga tidak memenuhi syarat untuk pembuatan agregat ringan sehingga perlu penambahan bahan dengan kadar silika yang mencukupi misalnya abu sekam padi.

### Hasil pengujian abu sekam padi

Bahan tambahan yang paling baik untuk digunakan sebagai substitusi dalam pembuatan agregat ringan adalah abu sekam padi<sup>(23)</sup>. Hasil pengujian/analisis kimia abu sekam padi disajikan dalam Tabel 5 berikut.

**Tabel 5** Hasil analisis kimia abu sekam padi

No	Uraian pengujian	Metode uji	Hasil uji (%)	Keterangan
1	SiO <sub>2</sub>	SNI 0449-2010	80,58	
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		3,06	
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,55	
4	TiO <sub>2</sub>		0,14	
5	CaO		3,36	
6	MgO		1,34	
7	Na <sub>2</sub> O		5,21	
8	K <sub>2</sub> O		2,43	
9	Hilang Pijar		3,00	

Keterangan : Hasil analisis di Balai Besar Keramik (BBK), Bandung

Bahan tambah abu sekam ambil dari daerah sekitar Wangon Jawa Tengah jika dilihat dari tabel diatas kandungan silika (SiO<sub>2</sub>) memenuhi persyaratan tetapi kandungan alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) untuk bahan pembuatan ALA kurang dari persyaratan.

### Hasil pengujian agregat ringan

#### *Pembakaran dengan tungku pijar*

Dari uji coba pembuatan agregat ringan dengan menggunakan tungku pijar dan berbagai variasi campuran serta suhu bakar selanjutnya dilakukan pengujian sifat fisis dan kekerasan untuk diketahui hasil yang paling optimum. Hasil pengujian sifat fisis dan kekerasan agregat / disajikan dalam Tabel 6 dan Tabel 7 berikut.

**Tabel 6.** Hasil pengujian agregat ringan dari *shale* dan sekam padi dengan suhu bakar 1000°C

No.	Macam Uji	Hasil uji (dg kadar Abu Sekam)				Persyaratan Mutu
		0 %	10 %	20 %	30 %	
1	Berat Jenis, .... (g/cc)	1,86	1,83	1,78	1,76	1,0 - 1,8
2	Penyerapan air, . (%) Bobot isi,	15,74	17,33	18,13	19,90	Maks. 20,0
3	- Gembur, .... (kg/L)	0,72	0,71	0,68	0,67	Maks 0,88
	- Padat, ..... (kg/L)	0,90	0,88	0,86	0,84	-
4	Kadar air, ..... (%)	0,06	0,12	0,16	0,20	-
5	Nilai kekerasan, (ton)	9,42	9,54	9,82	10,52	9,0 - 14,0

Dari tabel diatas terlihat bahwa berat jenis yang memenuhi persyaratan SNI 2461:2014<sup>(6)</sup> adalah campuran *shale* 80% + Abu sekam 20% dan campuran *shale* 70% + Abu sekam 30%, sedangkan penyerapan air, bobot isi dan nilai kekerasan seluruh campuran memenuhi persyaratan agregat ringan untuk beton struktural. Dari beberapa variasi campuran tersebut terlihat bahwa semakin tinggi kandungan abu sekam semakin tinggi nilai kekerasannya sehingga

dapat diambil kesimpulan bahwa campuran yang optimum adalah campuran bahan *shale* 70% serta bahan tambah abu sekam 30%.

**Tabel 7.** Hasil pengujian agregat ringan dari *clay* dan sekam padi dengan suhu bakar 1000°C

No.	Macam Uji	Hasil uji (dg kadar Abu Sekam)				Persyaratan Mutu
		0 %	10 %	20 %	30 %	
1	Berat Jenis .... (g/cc)	1,88	1,84	1,76	1,63	1,0 – 1,8
2	Penyerapan air. (%) Bobot isi	17,23	17,92	18,76	19,00	Maks. 20,0
3	- Gembur .... (kg/L)	0,68	0,67	0,65	0,64	Maks 0,9
	- Padat ..... (kg/L)	0,84	0,81	0,80	0,78	-
4	Kadar air, ..... (%)	0,08	0,14	0,17	0,21	-
5	Nilai keremukan (ton)	9,54	9,62	11,02	11,52	9,0 – 14,0

Dari hasil uji coba yang disajikan dalam tabel diatas terlihat bahwa, berat jenis yang masuk persyaratan SNI 2461:2014<sup>(6)</sup> adalah campuran *clay* 80% + abu sekam 20% dan campuran *clay* 70% + abu sekam 30%, untuk penyerapan, bobot isi dan nilai kekerasan seluruh campuran masuk pada persyaratan agregat ringan tetapi untuk campuran yang optimum adalah campuran bahan baku *clay* 70% serta bahan tambah abu sekam 30%, karena pada campuran tersebut memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi. Berdasarkan hasil uji pembakaran dengan tungku pijar akan di coba dengan menggunakan tungku putar (*rotary kiln*) atau skala produksi dengan memilih suhu bakar dan campuran yang paling optimum yaitu campuran *clay* 70% + abu sekam 30% dan suhu bakar 1000 °C.

#### *Pembakaran dengan tungku putar (rotary kiln)*

Setelah dilakukan uji coba pembuatan agregat ringan dengan menggunakan tungku pijar dan diperoleh hasil yang optimum, maka dilakukan pengembangan dengan menggunakan tungku putar (*rotary kiln*)<sup>(5)</sup>. Uji coba dilakukan dengan proporsi campuran 70 % bahan baku (*shale dan clay*) dan 30 % bahan substitusi (sekam padi) pada suhu bakar 1000°C dengan hasil disajikan dalam Tabel 8 berikut.

**Tabel 8.** Hasil pengujian agregat ringan menggunakan tungku putar (*Rotarry Kiln*).

No.	Macam Uji	Hasil uji (dg bahan baku)		Persyaratan Mutu
		Shale	Clay	
1	Berat Jenis .... (g/cc)	1,58	1,15	1,0 – 1,8
2	Penyerapan air (%) Bobot isi	18,55	14,00	Maks. 20,0
3	- Gembur .... (kg/L)	0,64	0,66	Maks 0,9
	- Padat ..... (kg/L)	0,82	0,79	-
4	Kadar air ..... (%)	0,14	0,16	-
5	Nilai keremukan (ton)	9,16	9,82	9,0 – 14,0

Dari tabel di atas terlihat bahwa hasil uji fisik yang masuk dalam persyaratan agregat ringan untuk beton ringan structural adalah sebagai berikut :

- Uji berat jenis, penyerapan air dan bobot isi menunjukkan semua campuran masuk dalam persyaratan.
- Nilai kekerasan 10 % (*teen percent crushing value*) seluruh campuran juga memenuhi syarat, namun agregat dengan bahan baku lumpur Sidoarjo (*clay*) memiliki nilai kekerasan yang lebih baik yaitu mencapai 9,82 ton ( persyaratan 9,0 – 14,0 ton)<sup>(6)</sup>.

Dari hasil di atas dapat diketahui bahwa seluruh bahan baku lumpur Sidoarjo (*clay*) dengan bahan tambah abu sekam padi memiliki prospek yang sangat baik untuk dikembangkan menjadi agregat ringan buatan dengan proporsi bahan baku 70% dan bahan tambah 30%, menggunakan tungku putar (*rotary kiln*) pada suhu bakar 1.000°C.

## Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian terhadap berbagai variasi campuran dan suhu bakar dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kandungan silika, besi dan alumina dari lumpur Sidoarjo kurang memenuhi syarat sebagai bahan baku dalam pembuatan agregat ringan sehingga menghasilkan mutu agregat ringan yang baik perlu bahan tambahan (substitusi) yaitu abu sekam padi;
2. Berdasarkan kandungan silika yang dimiliki, abu sekam padi merupakan material yang lebih baik dibanding *bottom ash* sebagai bahan substitusi untuk pembuatan agregat ringan;
3. Secara umum hasil yang diperoleh dari pengembangan agregat ringan dapat memenuhi syarat, namun perlu dipilih beberapa proporsi yang lebih baik dengan potensi yang cukup dan proses produksi yang lebih mudah dan ekonomis;
4. Hasil pengujian sifat fisis agregat ringan menunjukkan bahwa proporsi yang paling baik adalah campuran dari *clay* 70 % dan abu sekam 30 % serta campuran *shale* 70 % dan abu sekam 30 %, dengan suhu bakar antara 900 °C sampai 1.000 °C;

5. Agregat ringan yang dihasilkan sangat baik dan memenuhi persyaratan untuk beton ringan struktural sesuai SNI 2461:2014;
6. Berdasarkan pertimbangan potensi dan nilai ekonomis bahan baku yang paling prospektif untuk dikembangkan menjadi agregat ringan adalah tanah liat dari lumpur Sidoarjo dan abu sekam padi.

## **Saran**

Untuk mendapatkan penggunaan bahan bakar yang ekonomis pada suhu bakar optimum serta menghasilkan mutu agregat yang baik perlu dilakukan uji coba lebih lanjut dengan variasi kecepatan putar tungku bakar, waktu pembakaran dan suhu yang dapat dicapai.

## **Ucapan Terima kasih**

Pada kesempatan ini kami ucapkan terima kasih kepada rekan-rekan peneliti dan teknisi di Laboratorium Bahan dan Struktur Bangunan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat yang telah membantu sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman serta Kepala Balai Penelitian dan Pengembangan Bahan dan Struktur Bangunan yang telah memberi kesempatan dan dukungannya kepada penulis untuk melaksanakan penelitian ini.

## **Daftar Pustaka**

- Adiwoso N. 2015. Kriteria Penilaian Konstruksi Hijau, Green Building Council Indonesia (GBCI), Jakarta;
- Attmann O. 2010. Green Architecture, advanced technologies and material, Mc Graw Hill, New York;
- Anonim. 1984. Building Materials from Agro-Residues, Manila;
- Liu J, Shi B, Jiang H, Bae S, Huang H. 2009. Improvement of water-stability of clay aggregates admixed with aqueous polymer soil stabilizers. *Catena* **77**:175–179.
- Kibert CJ. 2008. Sustainable Construction, Green Building Design and Delivery, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.
- Lasino. 2011. Pengembangan bahan bangunan dari limbah. Makalah dalam produk expo hasil Litbang Permukiman, Solo – Jawa Tengah.
- Lasino. 2006. Penelitian Pendahuluan Pemanfaatan Lumpur Sidoarjo untuk Agregat Tanah (ARTA), Bandung.
- Segetin M, Jayaraman K, Xu X. 2007. Harakeke reinforcement of soil–cement building materials: Manufacturability and properties. *Building and Environment* **42**: 3066–3079.
- Murni A. 2015. Green Product for Green Building, Green Product Council Indonesia (GPCI), Jakarta.

- Choi N, Yoon S, Mun K, Soh Y. 2004. Polyester Mortars With Fine Tailing As Filler, Proceedings of RILEM International Symposium on Environment-Conscious Materials and Systems for Sustainable Development page 425-432, ISBN 2912143640.
- Pamekas R. 2002. Produk Teknologi Terapan Bidang Perumahan dan Permukiman. Makalah dalam Seminar Pengenalan dan Pemanfaatan Teknologi Bahan Bangunan, Surabaya.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 2 Tahun 2015 tanggal 18 Pebruari 2015, Tentang Bangunan Gedung Hijau.
- Prastowo B. 2015. Pengembangan Sistem Konstruksi Hijau, Direktorat jenderal Cipta Karya, Jakarta.
- Pusat Kajian Strategis, Departemen Pekerjaan Umum. 2008. Kajian kebijakan strategis potensi, pemanfaatan sekam dan abu sekam di Indonesia, Jakarta.
- Subyakto. 2015. Penerapan Green Label dalam mendukung Pembangunan Berkelanjutan, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Jakarta.
- Sugiarto A, Lasino. 2014; Pengembangan agregat dari tanah (ARTA) di Merauke- Papua. Informasi teknologi keramik dan gelas. Volum 35. No.1. Balai Besar Keramik. Bandung.
- Sugiharto B. 2009. Pengembangan Bahan Bangunan Alternatif Dari Lumpur Lapindo Dengan Bahan Aditif, Laporan akhir, Puslitbang Permukiman, Bandung.
- Sugiharto B. 2014; Pengembangan panel ringan dengan agregat ringan buatan (artificial lightweight aggregate). Laporan Penelitian, Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman, Badan Litbang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Bandung.
- Anonim. 2014. Artificial Lightweight Aggregate dari Lempung Bekah, Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman, Badan Litbang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Bandung.
- Anonim. 2014. SNI 2461:2014, Spesifikasi Agregat Ringan untuk Beton Struktur, Jakarta, BSN.
- Anonim. 2013. SNI 2847:2013, Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, Jakarta, BSN.
- Suripto MA. 1995. Teknologi Bahan Bangunan dari Tanah Liat, Balai Besar Industri Keramik, Bandung.
- Randing. 1996. Penelitian Tanah Liat dari Lahan Gambut Kalimantan Tengah untuk Bahan Bangunan, Jurnal Penelitian Permukiman **XII(7-8/9-10)**: 1 – 13, Bandung.

# Ketahanan Bebak Gwang Sebagai Komponen Rumah Masyarakat Nusa Tenggara Timur Terhadap Serangan Rayap Tanah

*Sigit Baktya Prabawa*

Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Kupang

Jl. Alfons Nisoni 7 B Kupang, NTT, Indonesia

E-mail: [zsbprabawa@gmail.com](mailto:zsbprabawa@gmail.com)

## ABSTRAK

Bebak Gwang termasuk produk hasil hutan bukan kayu karena berupa pelepah daun yang diambil dari tumbuhan sejenis palem yang di Nusa Tenggara Timur (NTT) dikenal dengan sebutan Gwang. Gwang (*Corypha utan* LAMK.) dari Famili *Arecaceae* di NTT biasanya tumbuh liar di kawasan hutan maupun di lahan milik masyarakat. Umumnya masyarakat NTT menguntai individu pelepah Gwang menjadi satu kesatuan yang disebut Bebak. Oleh masyarakat NTT dari kelas menengah ke bawah, bebak digunakan untuk dinding, plafon, latah/usuk maupun pagar. Karena bebak mengandung selulosa, maka bebak dapat terserang rayap yang mengakibatkan usia pemakaian bebak untuk komponen rumah tidak optimal dan tampilannya akan menjadi jelek. Rayap termasuk Kelas Insecta dari ordo Isoptera pemakan selulosa yang sangat berpotensi menghancurkan komponen bangunan yang mengandung selulosa seperti kayu dan produk turunannya seperti papan partikel, papan serat, kayu lapis, papan blok dan lain-lain (Iswanto, 2005) maupun bahan berlignoselulosa non-kayu lainnya. Berdasarkan cara penyerangannya terhadap kayu, maka jenis rayap digolongkan menjadi dua kelompok utama, yakni kelompok rayap yang bersarang pada tanah yang disebut dengan rayap tanah (subterranean termites) dan kelompok rayap yang bersarang pada kayu yang disebut dengan rayap yang bukan rayap tanah (nonsubterranean termites) (USDA, 2010). Penelitian bertujuan mengetahui ketahanan (kelas awet) bebak gwang sebagai komponen rumah masyarakat NTT terhadap serangan rayap serta sebarannya. Metode yang digunakan adalah wawancara dan pengamatan langsung di lapangan di beberapa Kabupaten di NTT khususnya di Pulau Timor dan Rote. Data yang diperoleh kemudian dianalisa dan ditetapkan kelas awetnya dengan mempergunakan metode klasifikasi kelas awet kayu yang dikembangkan oleh Seng (1990). Hasil penelitian memperlihatkan bahwa semua kabupaten di Pulau Timor dan Rote dijumpai komponen rumah bebak yang terserang oleh rayap. Rayap tersebut umumnya dari kelompok rayap tanah. Berdasarkan klasifikasi kelas awet kayu, maka bebak gwang dapat diklasifikasikan ke dalam kelas awet IV dan III.

**Kata Kunci:** bebak, gwang, keawetan, ketahanan, rayap

## Pendahuluan

Bebak Gwang dapat dikelompokkan dalam produk hasil hutan bukan kayu, karena bebak gwang merupakan produk yang dihasilkan dari pelepah daun yang diambil dari tumbuhan sejenis palem yang di Nusa Tenggara Timur (NTT) dikenal dengan sebutan Gwang. Gwang di NTT biasanya tumbuh liar di kawasan hutan maupun di lahan milik masyarakat.

Gwang atau Gebang yang dikenal dengan nama botani *Corypha utan* LAMK. dari Famili *Arecaceae* (suku pinang-pinangan) dan dari Ordo *Arecales* merupakan tumbuhan berbatang tunggal sejenis palem yang pertumbuhannya lambat dan tingginya dapat mencapai 15 hingga 20 meter. Gwang tergolong jenis monokarpik yaitu setelah berbunga dan berbuah tanaman ini

mati pada umur sekitar 30-40 tahun. Tumbuhan sejenis palem ini tumbuh di dataran rendah dan memiliki daun-daun berbentuk kipas bertangkai panjang yang saling berhimpit-himpitan. Panjang tangkai daunnya dapat mencapai 7 meter. Penyebarannya mulai dari daerah Assam (India), Indochina, Malaysia, Indonesia, Filipina, Papua Nugini hingga ke Australia (Heyne, 1987; Anonim, 2014 & 2015; Hadi dkk, 2010).

Umumnya masyarakat NTT menguntai individu pelepah Gewang ini menjadi satu kesatuan yang disebut Bebak atau Piku (dalam bahasa Timor). Oleh masyarakat NTT dari kelas menengah ke bawah, bebak umumnya digunakan untuk dinding, plafon, latak/usuk maupun pagar. Bahkan akhir-akhir ini bebak juga dipakai oleh para pengusaha restoran di Kota Kupang untuk digunakan sebagai langit-langit restorannya yang memberikan kesan antik dan artistis serta memiliki daya tarik tersendiri bagi para pengunjung restoran seperti terlihat pada Gambar 1.

Seperti lazimnya tumbuhan pada umumnya, maka bebak Gewang juga mengandung bahan berselulosa. Bahan semacam ini berpotensi untuk diserang oleh organisme seperti rayap sebagai sumber makanannya. Karena itu bebak Gewang berpotensi untuk diserang oleh rayap yang mengakibatkan usia pemakaian bebak untuk komponen rumah menjadi tidak optimal dan tampilannya pun akan menjadi jelek.



**Gambar 1.** Penggunaan bebak Gewang untuk plafon restoran

Rayap termasuk Klas Insekta dari ordo Isoptera pemakan selulosa yang sangat berpotensi menghancurkan komponen bangunan yang mengandung selulosa seperti kayu dan produk turunannya seperti papan partikel, papan serat, kayu lapis, papan blok dan bahan berlignoselulosa non-kayu lainnya (Iswanto, 2005). Berdasarkan cara penyerangannya terhadap kayu, maka jenis rayap digolongkan menjadi dua kelompok utama, yakni kelompok rayap yang bersarang pada tanah yang disebut dengan rayap tanah (*subterranean termites*) dan kelompok rayap yang bersarang pada kayu yang disebut dengan rayap yang bukan rayap tanah (*nonsubterranean termites*) (USDA, 2010). Rayap tanah (*subterranean termites*) dicirikan oleh adanya terowongan-terowongan (*tunnels*) yang terbuat dari komponen tanah yang berfungsi sebagai jalan yang dilalui oleh rayap tanah tersebut yang menghubungkan antara sarang dengan sumber makanannya.

Oleh sebab itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan (kelas awet) bebak gewang sebagai komponen rumah masyarakat NTT terhadap serangan rayap serta sebarannya.

## Metodologi

### Bahan dan Peralatan

Bahan yang diperlukan antara lain berupa buku dan alat tulis, kantong plastik seal dan masker hidung serta dinding bebak yang terserang rayap tanah. Sedangkan peralatan yang diperlukan antara lain: kamera, kaca pembesar, GPS, lampu senter dan lain-lain.

### Lokasi

Lokasi penelitian meliputi beberapa kabupaten di NTT khususnya di Pulau Timor dan Rote. Kabupaten-kabupaten tersebut antara lain Kabupaten Kupang, Kab. Timor Tengah Selatan (TTS), Kab. Timor Tengah Utara (TTU), Kab. Belu dan Kabupaten Rote Ndao. Penelitian dilakukan pada tahun 2016.

### Metode

Metode yang digunakan adalah wawancara dan pengamatan langsung di lapangan di beberapa Kabupaten di NTT khususnya di Pulau Timor dan Rote. Dinding bebak Gewang yang diamatai antara lain yang dindingnya langsung menyentuh tanah dan yang tidak langsung menyentuh tanah. Data yang diperoleh tersebut kemudian ditabulasi, lalu dianalisa dan ditetapkan kelas awetnya dengan mempergunakan metode klasifikasi kelas awet kayu yang dikembangkan oleh Seng (1990).

## Hasil dan Pembahasan

Data hasil pengamatan terhadap umur dinding rumah bebak Gewang saat mulai diserang oleh rayap tanah baik untuk dinding yang langsung berhubungan dengan tanah maupun yang tidak langsung berhubungan dengan tanah disajikan dalam Tabel 1. Angka-angka dalam kurung pada Tabel 1 tersebut merupakan angka pendekatan logis agar dapat diambil nilai rata-ratanya maupun standar bakunya.

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa untuk dinding rumah bebak Gewang yang langsung menyentuh atau langsung terhubung dengan tanah mulai terserang oleh rayap tanah setelah umurnya sekitar 2-5 tahun dari saat pemasangan dinding tersebut. Atau dapat dikatakan bahwa umur dinding rumah bebak Gewang tersebut mulai terserang rayap tanah rata-rata sekitar 3,5 tahun setelah dinding tersebut dipasang.

**Tabel 1.** Data usia dinding rumah bebak Gewang mulai diserang rayap tanah di beberapa kabupaten di NTT

Desa/Kelurahan	Kecamatan	Kabupaten/Kota	Usia bebak mulai diserang rayap tanah (Tahun)	
			Langsung terhubung tanah	Tak Langsung terhubung tanah
Bakunase II	Kota Raja	Kota Kupang	3	10-15 (12,5)
Bakunase II	Kota Raja	Kota Kupang	3	>8 (9)
Tuapukan	Kupang Timur	Kupang	4	18
Oesao	Kupang Timur	Kupang	3	10
Pollo	Amanuban Selatan	Timor Tengah Selatan	3	16
Linamnutu	Amanuban Barat	Timor Tengah Selatan	4	11
Nifukani	Amanuban Barat	Timor Tengah Selatan	5	15
Maurisu	Bikomi Selatan	Timor Tengah Utara	3	9
Tublopo	Bikomi Selatan	Timor Tengah Utara	2	8
Dualaus	Kakuluk Mesak	Belu	5	>12 (13)
Fatukepi	Kakuluk Mesak	Belu	2-5 (3,5)	10-20 (15)
Sotimori	Landu Leko	Rote Ndao	2-5 (3,5)	10-20 (15)
Tesabela	Pantai Baru	Rote Ndao	2-5 (3,5)	10-20 (15)
Nilai Rata-rata			3,50	12,83
Nilai Standar Baku			0,9718	3,2983

Pada Tabel 1 tersebut juga dapat dilihat bahwa untuk dinding rumah bebak Gewang yang tidak langsung menyentuh atau tidak langsung terhubung dengan tanah mulai terserang oleh rayap tanah setelah umur pakainya sekitar 8-20 tahun dari saat pemasangan dinding tersebut. Atau dapat dikatakan bahwa umur dinding rumah bebak Gewang tersebut mulai terserang rayap tanah rata-rata setelah umur pakainya hampir mencapai 13 tahun setelah pemasangan dinding tersebut.

Apabila diperhatikan lebih seksama dalam Tabel 1 khususnya pada nilai rata-rata dan standar bakunya, maka terdapat kecenderungan bahwa nilai usia dinding rumah bebak mulai diserang oleh rayap tanah pada dinding rumah bebak yang langsung berhubungan dengan tanah cenderung lebih cepat terserang oleh rayap tanah dari pada dinding rumah bebak Gewang yang tidak langsung berhubungan dengan tanah. Hal ini terjadi kemungkinan besar karena dinding bebak yang langsung berhubungan dengan tanah cenderung lebih lembab dan akses untuk diserang oleh rayap tanahpun lebih dekat disbanding dengan yang tidak berhubungan langsung dengan tanah.

Kemudian dari Tabel 1 juga dapat dipelajari pula bahwa semua kabupaten di Pulau Timor dan Rote dijumpai komponen rumah bebak yang terserang oleh rayap. Rayap tersebut umumnya dari kelompok rayap tanah. Hal ini berarti bahwa luas penyebaran serangan rayap tanah terhadap dinding rumah bebak Gewang terjadi di seluruh kabupaten di NTT khususnya di pulau Timor dan Rote.

Sementara itu Seng (1990) menyampaikan bahwa Dr. Pfeiffer telah menyusun klasifikasi kelas awet kayu yang pada waktu itu telah disempurnakan oleh Balai Penyelidikan Kehutanan yang mana klasifikasi kelas awet kayu tersebut seperti tercantum dalam Tabel 2.

**Tabel 2.** Klasifikasi kelas awet kayu

Keadaan	Kelas Awet				
	I	II	III	IV	V
Selalu berhubungan dengan tanah lembab	8 tahun	5 tahun	3 tahun	Sangat pendek	Sangat pendek
Hanya dipengaruhi cuaca, tetapi dijaga supaya tidak terendam air dan tidak kekurangan udara	20 tahun	15 tahun	10 tahun	Beberapa tahun	Sangat pendek
Di bawah atap, tidak berhubungan dengan tanah lembab dan tidak kekurangan udara	Tidak terbatas	Tidak terbatas	Sangat lama	Beberapa tahun	Pendek
Seperti di atas, tetapi dipelihara dengan baik dan dicat dengan teratur	Tidak terbatas	Tidak terbatas	Tidak terbatas	20 tahun	20 tahun

Sumber: Seng (1995)

Bila Tabel 1 dan Tabel 2 disandingkan, lalu kita perbandingkan nilainya maupun kondisi atau keadaannya, maka dinding rumah bebak Gewang menurut klasifikasi kelas awet kayu tersebut dapat digolongkan ke dalam kelas awet IV atau III.

Apabila berdasarkan kelas awet kayu dalam Tabel 2 tersebut dapat digolong-golongkan secara kualitatif dengan kriteria seperti tercantum dalam Tabel 3, maka dinding rumah dari bebak Gewang dapat diklasifikasikan secara kualitatif ke dalam Kelas Cukup Awet atau Cukup Tahan dan kelas Kurang Awet atau Kurang Tahan terhadap serangan rayap tanah.

Sementara itu secara laboratorium Sary (2016) telah melakukan kegiatan penelitian tentang ketahanan pelepah atau bebak gewang terhadap rayap tanah atas dasar penurunan berat menurut standar SNI 01.7207-2014 yang klasifikasinya seperti ditunjukkan pada Tabel 4. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa ketahanan pelepah gewang terhadap rayap tanah khususnya dari species *Cryptotermes. curvignathus* tergolong ke dalam Kelas III (cukup tahan).

**Tabel 3.** Klasifikasi kelas keawetan dan ketahanan secara kualitatif

Kelas Awet (Seng, 1995)	Kelas Keawetan (Kualitatif)	Kelas Ketahanan (Kualitatif)
I	Sangat Awet	Sangat Tahan
II	Awet	Tahan
III	Cukup Awet	Cukup Tahan
IV	Kurang Awet	Kurang Tahan
V	Tidak Awet	Tidak Tahan

**Tabel 4.** Klasifikasi ketahanan kayu terhadap rayap tanah berdasarkan penurunan berat

Kelas	Ketahanan	Kehilangan berat (%)
I	Sangat Tahan	< 3,52
II	Tahan	3,5 – 7,4
III	Sedang	7,4 – 10,8
IV	Tidak Tahan	10,9 – 18,9
V	Sangat Tidak Tahan	>18,9

Sumber: Standar Nasional Indonesia 01-7207-2014 dalam Sary (2016)

Memang meskipun antara penelitian secara pengamatan langsung di lapangan (wawancara) dengan secara laboratorium memiliki metode atau pendekatan dan klasifikasi yang berbeda (Tabel 2 VS Tabel 4), namun klasifikasi kedua metode tersebut secara kualitatif dikatakan bahwa bebak atau pelepah Gewang dapat dikategorikan ke dalam kelas ketahanan yang kurang tahan hingga cukup tahan.

## Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

1. Umur dinding bebak Gewang yang tidak langsung berhubungan dengan tanah lebih panjang dari pada yang langsung berhubungan dengan tanah.
2. Serangan rayap tanah menyebar di seluruh pulau Timor dan Rote.
3. Bebak gewang dapat diklasifikasikan ke dalam kelas awet IV dan III.
4. Secara kualitatif ketahanan bebak gewang terhadap serangan rayap tanah tergolong kurang tahan hingga cukup tahan.

### Saran

1. Agar umur penggunaan bebak Gewang untuk dinding rumah lebih panjang, sebaiknya dinding bebaknya jangan langsung berhubungan dengan tanah.
2. Perlu dilakukan penelitian tentang bahan pengawet bebak Gewang yang murah, mudah didapatkan serta ramah lingkungan.

## Daftar Pustaka

- Anonim, 2014. Corypha utan. Artikel dari Wikipedia ini diedit pada 19 Desember 2014. Diakses pada Desember 2015 dari [https://en.wikipedia.org/wiki/Corypha\\_utan](https://en.wikipedia.org/wiki/Corypha_utan)
- \_\_\_\_\_, 2015. Gebang. Artikel dari Wikipedia ini diedit pada 23 September 2015. Diakses dari [https://id.wikipedia.org/wiki/Gebang\\_pada\\_Desember\\_2015](https://id.wikipedia.org/wiki/Gebang_pada_Desember_2015)
- BSN, 2006. Uji ketahanan kayu dan produk kayu terhadap organisme perusak kayu. SNI 01-7207-2006. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta

- Hadi DS. 2006. Jenis tumbuhan yang potensial digunakan sebagai sumber Pestisida nabati. Laporan Hasil Penelitian tahun 2006. Balai Penelitian Kehutanan Kupang
- Hadi DS, Windyarini E, Prasetyo NA, Puspiyatun RY. 2010. Teknologi Pemanfaatan dan Budidaya Gwang (*Corypha utan* Lamk) di Timor Barat. Laporan Hasil Penelitian. Program Insentif Riset untuk Peneliti Perekayasa Kementerian Riset dan teknologi. Balai Penelitian Kehutanan Kupang
- Heyne K. 1987. Tumbuhan Berguna Indonesia Jilid I & IV. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Departemen Kehutanan. Jakarta
- Iswanto AH. 2005. Rayap Sebagai Serangga Perusak Kayu dan Metode Penanggulangannya. Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara. E-USU Repository. Universitas Sumatera Utara
- Morton JF. 1988. The Palmyra or Toddy Palm (*Borassus flabellifer* L.). Notes on Distribution, Propagation, and Products of Borassus Palms (Arecaceae). Tropical Feeds and Feeding Systems hal.: 269
- Sary PW. 2016. Ketahanan Pelepah Gwang (*Corypha utan* Lamk.) terhadap Serangan Rayap Tanah dan Rayap Kayu Kering (Skripsi). Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.

<http://repository.ipb.ac.id/jspui/bitstream/123456789/84417/1/E16pws.pdf>

# Catatan Satu Dekade Hasil Uji Identifikasi Kayu Laboratorium Anatomi Tumbuhan, Puslitbang Hasil Hutan

Listya Mustika Dewi, Ratih Damayanti, Andianto, Krisdianto, & Tutiana

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan,  
Bogor

Email: lizthya@gmail.com

## ABSTRAK

Laboratorium Anatomi Tumbuhan, Puslitbang Hasil Hutan, Bogor telah melayani jasa identifikasi kayu dari berbagai macam pengguna baik instansi pemerintah, swasta maupun perorangan dalam kurun waktu yang cukup lama. Sejak tahun 2013, laboratorium ini telah menjadi bagian dari laboratorium pengujian terakreditasi ISO 17025:2008. Pelayanan jasa identifikasi kayu dapat berjalan dengan baik karena didukung oleh Xylarium Bogoriense 1915 yang merupakan pusat koleksi contoh kayu terbesar ketiga di dunia. Dalam dunia perdagangan kayu, jenis kayu telah dikelompokkan ke dalam beberapa kategori yaitu kayu komersial utama (*major commercial timber*), kayu komersial minor (*minor commercial timber*), kayu kurang dikenal (*lesser known timber*), dan kayu sangat kurang dikenal (*the least known timber*). Makalah ini menguraikan catatan hasil identifikasi yang dilakukan oleh Laboratorium Anatomi Tumbuhan, Puslitbang Hasil Hutan, Bogor dalam satu dekade dari tahun 2008 – 2017. Dari rekaman hasil identifikasi kayu tersebut akan diketahui pola kecenderungan jenis kayu yang diperdagangkan oleh industri perindustri kayu di Indonesia. Hasil catatan menunjukkan bahwa telah terjadi pergeseran penggunaan kayu dari kayu komersial utama ke kayu kurang dikenal dan kayu sangat kurang dikenal. Penyebab perubahan tersebut salah satunya dikarenakan semakin terbatasnya pasokan jenis kayu komersial.

**Kata Kunci:** anatomi tumbuhan, ISO 17025:2008, kayu komersial, kayu kurang dikenal, xylarium bogoriense

## Pendahuluan

Kayu merupakan hasil hutan utama yang telah dimanfaatkan untuk mencukupi kebutuhan hidup manusia sejak zaman dahulu, dari proses pemanfaatan kayu dari hutan secara langsung sampai terjadinya proses perdagangan kayu yang ditandai dengan munculnya perusahaan hutan. Dari waktu ke waktu, jumlah populasi penduduk semakin meningkat yang secara tidak langsung juga menyebabkan meningkatnya kebutuhan kayu. Pada awal bermulanya industri kehutanan, perdagangan kayu dimulai dengan memprioritaskan jenis-jenis kayu yang mempunyai sifat superior yang berdiameter besar dan berkualitas tinggi. Mandang (2013) menyatakan bahwa penggolongan jenis kayu yang dianggap penting telah dipublikasikan oleh Hildebrand pada tahun 1952 yaitu sebanyak 400 jenis dan pada akhir dekade 1970, kalangan eksportir menggolongkan kayu menjadi *commercial species* dan *light mix hardwood species*. Kemudian oleh Kartasudjana et al. (1979) digolongkan menjadi 267 jenis kayu perdagangan dan 133 jenis sisanya digolongkan ke dalam kayu kurang dikenal.

Di era 1990an, untuk jenis-jenis kayu Asia Tenggara yang umum diperdagangkan dikelompokkan ke dalam kelompok kayu komersial utama (*major commercial timbers*), kayu komersial minor (*minor commercial timbers*), dan kayu kurang dikenal (*lesser known timbers*)

yang masing-masing diterbitkan dalam buku yang diterbitkan oleh *Plant Resources of South-East Asia* (PROSEA) 5(1), 5(2), dan 5(3) (Soerianegara dan Lemmens 1993; Sosef *et al.* 1998; Lemmens *et al.* 1995). Dalam buku tersebut, sebanyak 51 marga telah diidentifikasi sebagai kayu perdagangan utama, sedangkan 62 marga lainnya masuk dalam kategori kayu komersial minor. Dalam buku 5(3), disebutkan 309 marga yang termasuk dalam jenis kayu kurang dikenal, sehingga jumlah keseluruhan marga yang dipertelakan dalam ketiga buku tersebut adalah 422 marga. Dari total jenis kayu yang terdapat dalam PROSEA jilid 5(1-3) dibandingkan dengan daftar jenis kayu dalam Oey (1964), masih terdapat 577 jenis yang merupakan anggota dari 77 suku dan 281 marga yang belum tercakup dalam buku PROSEA 5 jilid 1-3. Jenis-jenis tersebut kemudian dikategorikan dalam kelompok kayu sangat kurang dikenal atau dikenal dengan istilah *the least known wood species* (Mandang 2013).

Di kancah perdagangan kayu, Laboratorium Anatomi Tumbuhan, Puslitbang Hasil Hutan (Lab Anatomi Tumbuhan P3HH) secara tidak langsung mempunyai peran penting dalam hal menyediakan rujukan untuk penentuan jenis kayu (identifikasi kayu) yang diperdagangkan. Sudah sejak lama, Laboratorium Anatomi Tumbuhan P3HH melayani jasa identifikasi kayu dari berbagai pengguna baik instansi pemerintah, swasta maupun perorangan antara lain bea cukai, industri per kayu, kepolisian, dinas kehutanan, taman nasional, kantor kejaksaan, perguruan tinggi, dan lain-lain. Sejak tahun 2013, laboratorium ini telah menjadi bagian dari laboratorium pengujian terakreditasi ISO 17025:2008. Pelayanan jasa identifikasi kayu dapat berjalan dengan baik karena didukung oleh adanya Xylarium Bogoriense 1915 yang merupakan pusat koleksi contoh kayu terbesar ketiga di dunia setelah Forest Product Laboratory, USA dan the Royal Museum of Central Africa, Belgia. Saat ini, koleksi kayu di Xylarium Bogoriense 1915 telah mencapai 45.067 spesimen yang terdiri atas 110 suku, 785 marga dan 3.667 species.

Makalah ini menguraikan catatan hasil identifikasi yang dilakukan oleh Lab Anatomi Tumbuhan P3HH dalam satu dekade terakhir (2008-2017). Dari rekaman hasil identifikasi kayu tersebut akan diketahui pola kecenderungan jenis kayu yang diperdagangkan oleh industri per kayu saat ini. Informasi yang disajikan akan menjawab pertanyaan apakah terjadi pergeseran penggunaan kayu dari kategori komersial utama ke kategori lainnya. Kemungkinan penyebab perubahan penggunaan jenis kayu akan dibahas lebih lanjut.

## **Bahan dan Metode**

Bahan utama yang digunakan adalah buku catatan identifikasi kayu di Laboratorium Anatomi Tumbuhan, Puslitbang Hasil Hutan. Metode yang dilakukan adalah dengan merekapitulasi jenis kayu yang telah diujikan dari dokumen yang ada, kemudian melakukan pengkategorian jenis kayu yang teridentifikasi ke dalam kayu komersial utama (*major commercial timbers*), kayu komersial minor (*minor commercial timbers*), dan kayu kurang dikenal (*lesser known timbers*) berdasarkan klasifikasi PROSEA 5(1-3). Jenis kayu di luar ketiga buku tersebut namun tercantum dalam buku Oey (1964) dikategorikan sebagai kayu sangat kurang dikenal (*least known timbers*). Untuk jenis pohon lainnya di luar kelompok tersebut yaitu jenis pohon yang dimanfaatkan non kayunya dan kayu luar negeri dikategorikan sebagai tanaman jenis lainnya (*others*). Rekapitulasi data dilakukan dengan menggunakan *Pivot table* pada *Microsoft Excel*.

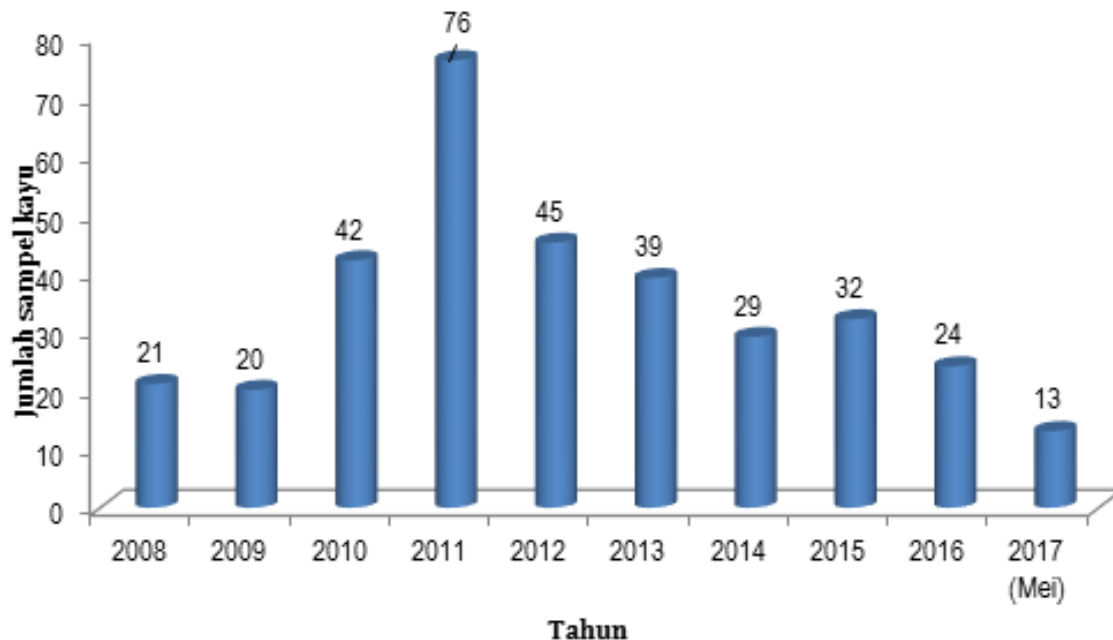
## Hasil dan Pembahasan

Sampel kayu yang masuk ke Laboratorium Anatomi Tumbuhan, P3HH berasal dari berbagai sumber seperti perorangan; perusahaan swasta yang bergerak di bidang perkayuan dan properti; instansi pemerintah seperti bea cukai, kepolisian, taman nasional, dan lain-lain. Sampel yang dikirim ke laboratorium bervariasi dari segi ukuran dan bentuknya seperti balok, bongkahan, dan serpihan. Bahkan sampel berupa arang dan serbukpun pernah dikirim untuk diidentifikasi jenis kayunya. Beberapa contoh sampel kayu yang sudah diidentifikasi dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Contoh sampel kayu yang diidentifikasi

Selama sepuluh tahun terakhir, jumlah sampel kayu yang teridentifikasi sebanyak 341 sampel dimana jumlah sampel kayu per tahun bervariasi seperti disajikan pada Gambar 2.

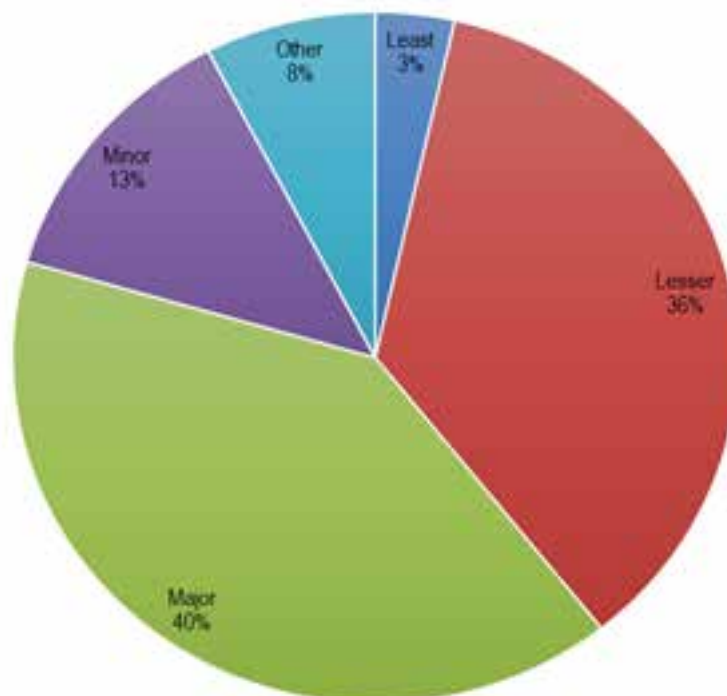


**Gambar 2.** Jumlah sampel kayu yang telah diidentifikasi selama 10 tahun (2008 - 2017)

Gambar 2 menunjukkan bahwa secara umum jumlah pengujian identifikasi kayu dari pelanggan sebagian besar terjadi pada tahun 2010-2013, dengan jumlah sampel kayu

terbanyak di tahun 2011 yaitu sebanyak 76 sampel kayu, dibandingkan rerata pengujian 34 sampel setiap tahun dalam satu dekade. Hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh isu maraknya legalitas kayu untuk menembus pasar internasional sehingga mendorong industri perikanan untuk mempunyai bukti legal identitas kayu yang akan diperdagangkan. Pada periode tahun tersebut, pemerintah mengeluarkan peraturan mengenai Sistem Verifikasi Legalitas Kayu (SVLK) dalam Peraturan Menteri Kehutanan No. P.38/Menhut-II/2009 jo P.68/Menhut-II/2011 jo P.45/Menhut-II/2012 jo. P.42/Menhut-II/2013 tentang standar dan pedoman penilaian kinerja pengelolaan hutan produksi lestari dan verifikasi legalitas kayu pada pemegang izin atau pada hutan hak. Dikeluarkannya regulasi tentang legalitas kayu ini cukup memberikan dampak positif bagi upaya peningkatan legalitas kayu yang diperdagangkan.

Hasil rekapitulasi dan klasifikasi data sampel kayu yang masuk ke Laboratorium Anatomi Tumbuhan, Puslitbang Hasil Hutan dalam satu dekade (2008-2017) disajikan pada Gambar 3.



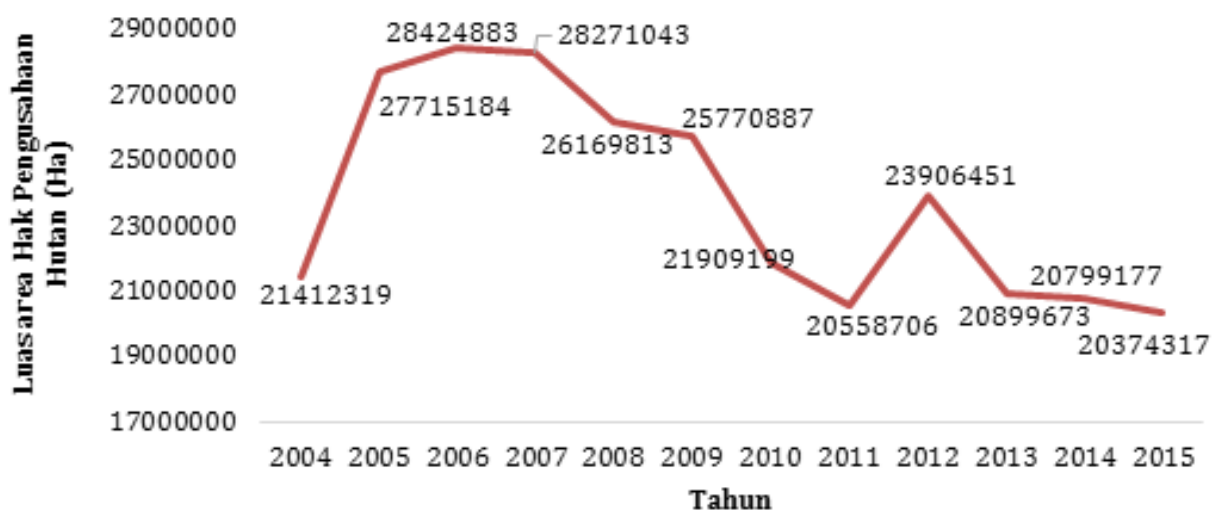
**Gambar 3.** Komposisi pengelompokan jenis kayu hasil identifikasi di Laboratorium Anatomi Tumbuhan, Puslitbang Hasil Hutan selama satu dekade (2008-2017)

Hasil rekapitulasi menunjukkan bahwa sebagian besar jumlah sampel yang teridentifikasi tergolong ke dalam kayu komersial utama yaitu sebanyak 40% dari total sampel. Sedangkan pada urutan kedua yaitu kayu kurang dikenal sebanyak 36% dari total sampel yang jauh mengungguli jumlah sampel yang masuk ke dalam kategori kayu komersial minor (13%). Hal ini cukup menarik perhatian bahwa ternyata preferensi masyarakat pengguna kayu lebih memilih menggunakan kayu kurang dikenal daripada kayu komersial minor. Penyebab yang memungkinkan salah satunya adalah karena ketersediaan bahan baku. Masyarakat tidak lagi semata-mata mengutamakan jenis kayu dari kelas komersial utama, namun sudah mulai menggali potensi dan menggunakan kayu kurang dikenal yang ketersediannya di alam

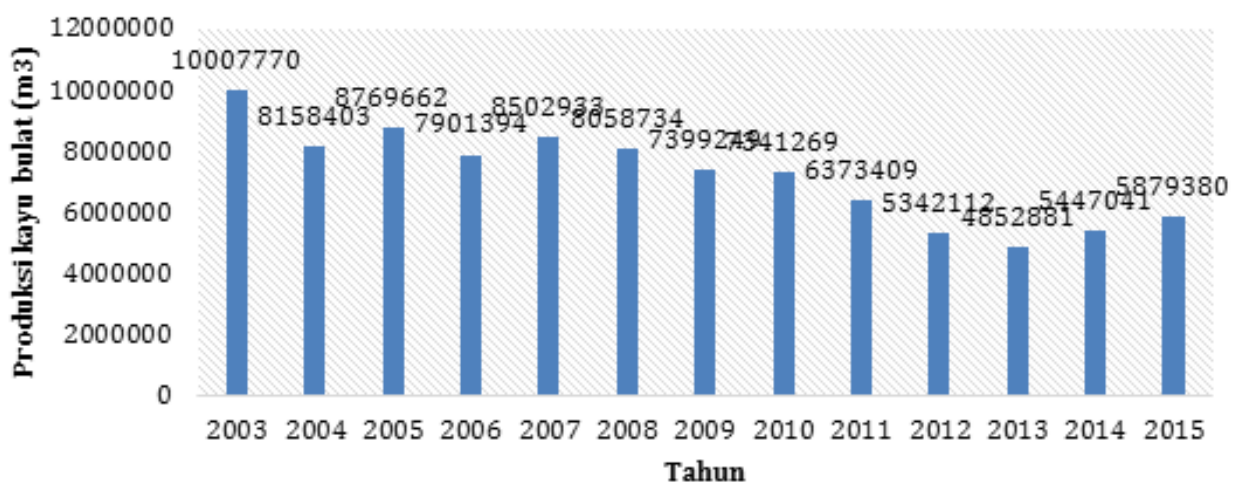
kemungkinan lebih banyak. Penggunaan kayu juga mulai bergeser ke jenis-jenis kayu sangat kurang dikenal. Sebanyak 3% sampel yang teridentifikasi masuk ke dalam kategori kayu sangat kurang dikenal. Untuk jenis pohon yang dimanfaatkan non kayunya seperti untuk obat-obatan, gaharu yang tidak termasuk daftar *the least known species*, teridentifikasi sebanyak 8% dari total sampel. Hal ini menunjukkan bahwa pemanfaatan hasil hutan non-kayu sejauh ini masih belum menjadi prioritas utama yang dapat menggantikan hasil hutan kayu. Jenis-jenis kayu hasil identifikasi untuk kategori kayu komersial utama, kayu komersial minor, kayu kurang dikenal, kayu sangat kurang dikenal, dan lainnya disajikan pada Lampiran 1-5.

Berkurangnya pasokan jenis kayu dapat dilihat dari menurunnya luas areal produksi Hak Pengusahaan Hutan (HPH). Data dari Badan Pusat Statistik (2017a) menunjukkan semakin menurunnya luas areal HPH dari tahun 2006 sampai dengan 2015 (Gambar 4).

Penurunan luas areal HPH juga diiringi dengan menurunnya jumlah produksi kayu. Tren ini dapat dilihat dari data total produksi kayu selama kurun waktu 2003–2015 yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik (2017b) seperti disajikan pada Gambar 5.



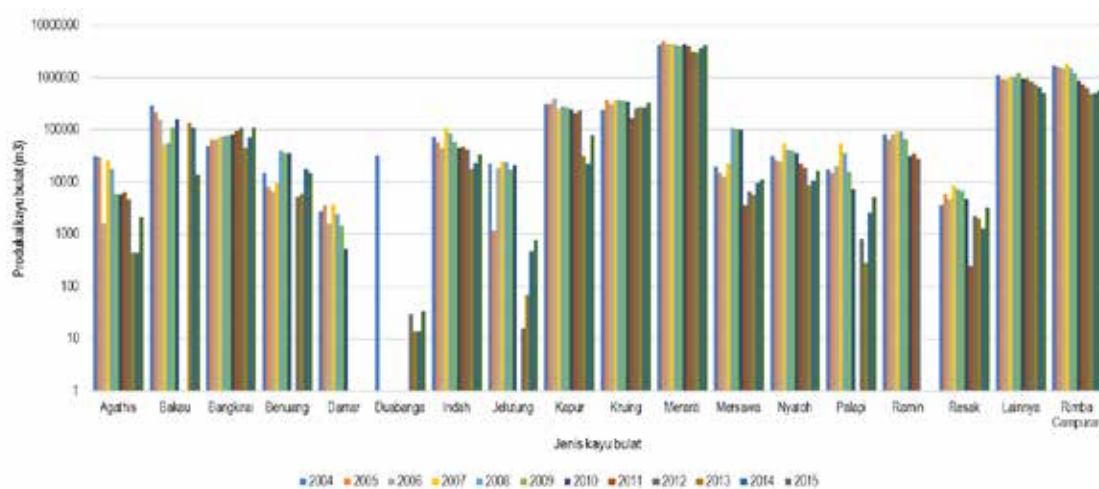
**Gambar 4.** Total luas area HPH tahun 2004 – 2015 (Badan Pusat Statistik, 2017a)



**Gambar 5.** Total produksi kayu bulat tahun 2003 – 2015 (Badan Pusat Statistik, 2017b)

Dari Gambar 5 terlihat bahwa produksi kayu bulat tertinggi terjadi pada tahun 2003 yaitu sebesar 10.007.770 m<sup>3</sup> yang kemudian menurun cukup drastis di tahun 2004 menjadi 8.158.403 m<sup>3</sup>. Selanjutnya naik turunnya produksi kayu bulat dari tahun 2005 sampai dengan tahun 2008 tidak terlalu signifikan yang kemudian berangsur-angsur menurun hingga tahun 2013 dan kembali meningkat perlahan sampai tahun 2015.

Melihat lebih detail mengenai data produksi kayu bulat berdasarkan jenis kayu, data dari Badan Pusat Statistik (2017c) yang disajikan pada Gambar 6 menunjukkan bahwa kelompok jenis meranti masih menjadi jenis kayu utama yang diproduksi oleh perusahaan HPH, kemudian disusul oleh jenis rimba campuran dan jenis lainnya. Jenis kayu yang termasuk kategori rimba campuran dan lainnya tersebut dapat diasumsikan adalah jenis-jenis kayu yang termasuk ke dalam kayu kurang dikenal. Hal ini sejalan dengan hasil studi dalam makalah ini dimana kecenderungan jenis-jenis kayu yang teridentifikasi sudah bergeser ke jenis kayu kurang dikenal dan jenis kayu sangat kurang dikenal.



**Gambar 6.** Jumlah produksi kayu bulat berdasarkan jenis kayu tahun 2004-2015 (Badan Pusat Statistik, 2017c)

Secara umum apabila dilihat pola produksi semua jenis kayu pada Gambar 6, jumlah produksi kayu bulat semakin menurun dari tahun ke tahun (2004-2015). Adapun terjadi naik turunnya produksi terlihat tidak signifikan. Namun, beberapa jenis kayu menunjukkan data fluktuatif yang cukup signifikan terlihat pada jenis kayu benuang (minor), duabanga (minor), mersawa (*major*), nyatoh (*major*), dan palapi (*lesser*). Hal menarik terlihat dari beberapa jenis kayu yang pada tahun-tahun tertentu tidak diproduksi seperti kayu bakau pada tahun 2011-2012, kayu duabanga pada tahun 2005-2011, benuang pada tahun 2011, damar pada tahun 2011-2015, jelutung pada tahun 2011, kayu palapi pada tahun 2011, dan kayu ramin pada tahun 2013-2015. Penyebab pasti kemungkinan tidak adanya produksi pada tahun-tahun tersebut belum diketahui. Namun, beberapa kemungkinan dapat disebabkan karena tidak tersedianya sumber bahan baku atau karena minimnya permintaan kayu untuk jenis-jenis tersebut atau karena pengaruh peraturan terkait jenis-jenis kayu tersebut. Sebagai contoh, untuk jenis kayu bakau penggunaannya memang sudah mulai dibatasi karena fungsinya sebagai penyangga ekosistem mangrove. Jenis kayu yang lain yang perdagangannya dibatasi adalah kayu ramin dimana jenis kayu ini sudah terdaftar dalam kategori jenis terancam punah dalam Appendix II CITES. Pengaturan mengenai pemanfaatan dan peredaran kayu ramin diterbitkan dalam

Keputusan Menteri Kehutanan No. 168/Kpts-IV/2011. Oleh karena itu, data pada Gambar 6 di atas menunjukkan bahwa sejak tahun 2013 HPH tidak lagi memproduksi kayu bulat ramin.

### Kesimpulan

Adanya pergeseran penggunaan kayu oleh masyarakat ke jenis-jenis kayu kurang dikenal dan kayu sangat kurang dikenal dari hasil studi ini mengindikasikan semakin terbatasnya jenis kayu komersial yang umum diperdagangkan. Menyikapi hal ini, penelitian sifat dasar kayu terutama dari ke 'kayu kurang dikenal' dan 'kayu sangat kurang dikenal' sangat diperlukan untuk melengkapi pangkalan data. Data ini dibutuhkan untuk keperluan identifikasi kayu dan eksplorasi potensi kegunaan kayu untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Masih banyaknya jenis kayu yang belum diteliti memerlukan komitmen dan kerjasama dari berbagai pihak seperti perguruan tinggi dan lembaga litbang lainnya. Laboratorium Anatomi Tumbuhan P3HH sangat terbuka lebar untuk mahasiswa yang tertarik untuk mendalami anatomi kayu sebagai topik tugas akhirnya. Semakin banyak peneliti yang berkolaborasi, maka target penyelesaian pangkalan data anatomi kayu akan dapat tercapai.

### Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik. 2017a. Luas Area Hak Pengusahaan Hutan. <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1101>.
- Badan Pusat Statistik. 2017b. Produksi Kayu Bulat Perusahaan Hak Pengusahaan Hutan (HPH) Menurut Provinsi (m<sup>3</sup>), 2003-2015. <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/863>.
- Badan Pusat Statistik. 2017c. Produksi Kayu Bulat oleh Perusahaan Hak Pengusahaan Hutan Menurut Jenis Kayu, 2004-2015. <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1115>.
- Lemmens RHMJ, Soerianegara I, Wong WC (Eds.). 1995. Plant Resources of South-East Asia No. 5(2). Timber trees: Minor commercial timbers. Bogor, Indonesia: PROSEA.
- Mandang YI. 2013. Xylarium Bogoriense dan Peranannya dalam Penelitian Anatomi dan Pengenalan Aneka Jenis Kayu di Indonesia. Kumpulan Makalah Diskusi Litbang Anatomi Kayu Indonesia, Bogor, 3-4 Juni 2013.
- Oey DS. 1964. Pengumuman Nr. 13 Berat jenis dari jenis-jenis kayu Indonesia dan pengertian beratnya kayu untuk keperluan praktek. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan.
- Soerianegara I, dan Lemmens RHMJ (Eds.). 1994. Plant Resources of South-East Asia No. 5(1). Timber trees: Major commercial timbers. Bogor, Indonesia: PROSEA.
- Sosef MSM, Hong LT, Prawirohamodjo S (Eds.). 1998. Plant Resources of South-East Asia 5 (3). Timber trees: Lesser-known timber. Bogor, Indonesia: PROSEA.
- Kementerian Kehutanan. 2009. Keputusan Menteri Kehutanan No. P.38/Menhut-II/2009: Standard dan Pedoman Penilaian Kinerja Pengelolaan Hutan Produksi Lestari

dan Verifikasi Legalitas Kayu pada Pemegang Izin atau pada Hutan Hak. Jakarta: Kementerian Kehutanan.

Kementerian Kehutanan. 2011. Keputusan Menteri Kehutanan No. P.68/Menhut-II/2011: Perubahan atas Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.38/Menhut-Ii/2009 Tentang Standar dan Pedoman Penilaian Kinerja Pengelolaan Hutan Produksi Lestari dan Verifikasi Legalitas Kayu pada Pemegang Izin atau Pada Hutan Hak. Jakarta: Kementerian Kehutanan.

Kementerian Kehutanan. 2011. Keputusan Menteri Kehutanan No. 168/Kpts-IV/2011: Pemanfaatan dan Peredaran Kayu Ramin. Jakarta: Kementerian Kehutanan.

Kementerian Kehutanan. 2012. Keputusan Menteri Kehutanan No. P.45/Menhut-II/2012: Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.38/Menhut-Ii/2009 Tentang Standar dan Pedoman Penilaian Kinerja Pengelolaan Hutan Produksi Lestari dan Verifikasi Legalitas Kayu pada Pemegang Izin atau Pada Hutan Hak. Jakarta: Kementerian Kehutanan.

### Lampiran 1. Jenis kayu hasil identifikasi yang termasuk ke dalam kelas komersial utama

No.	Tahun	Instansi/pihak pengirim sampel	Hasil Identifikasi
1.	2008	PT.Praja Vita Mulia	Meranti merah / <i>Shorea</i> sp. - Dipterocarpaceae
2.	2008	NN	Bintangur / <i>Calophyllum</i> - Guttiferae
3.	2008	PT.Kretindo Agape	Ulin / <i>Eusideroxylon zwageri</i> - Lauraceae
4.	2008	NN	Meranti merah / <i>Shorea</i> sp. - Dipterocarpaceae
5.	2008	PT. Cahaya Abadi	Bangkirai / <i>Shorea laevifolia</i> Endert - Dipterocarpaceae
6.	2008	PT. Mugi Jaya	Gmelina / <i>Gmelina</i> sp. - Lamiaceae
7.	2008	PT.Megah Prima	Nyatoh putih / <i>Pouteria</i> sp. - Sapotaceae
8.	2008	PT. Krakatau Steel	Keruing / <i>Dipterocarpus</i> sp. - Dipterocarpaceae
9.	2009	PT.Sucofindo	Mahoni / <i>Swietenia</i> sp. - Meliaceae
10.	2009	Polda NTT -Dit Pol Air	Samama / <i>Anthocephalus</i> sp. - Rubiaceae
11.	2009	NN	Perupuk / <i>Lophopetalum</i> sp. - Celastraceae
12.	2009	NN	Nyatoh / <i>Madhuca</i> sp. - Sapotaceae
13.	2009	NN	Sengon / <i>Albizia</i> sp. - Leguminosae
14.	2009	NN	Sawo / <i>Manilkara</i> sp. - Sapotaceae
15.	2009	PT.Koja	Keruing / <i>Dipterocarpus</i> sp. - Dipterocarpaceae
16.	2010	PT. Sumarecon	Keruing / <i>Dipterocarpus</i> sp. - Dipterocarpaceae
17.	2010	PT. Sumarecon	Meranti merah berat / <i>Shorea</i> spp. - Dipterocarpaceae
18.	2010	Dit.Pol Air NTT	Jabon merah / <i>Anthocephalus</i> sp. - Rubiaceae
19.	2010	Dit.Pol Air NTT	Nyatoh / <i>Palaquium</i> sp. - Sapotaceae
20.	2010	PT.DLH Nordisk	Mersawa / <i>Anisoptera</i> sp. - Dipterocarpaceae
21.	2010	PT. Megah Selaras Utama	Kamper / <i>Dryobalanops</i> sp. - Dipterocarpaceae
22.	2010	PT. Split sukses Sinergi	Keruing / <i>Dipterocarpus</i> sp. - Dipterocarpaceae
23.	2010	PT. Adhi Karya (Persero) Tbk	kayu Kapur / <i>Dryobalanops</i> sp. - Dipterocarpaceae
24.	2010	PT. Koja Terramarin	Keruing / <i>Dipterocarpus</i> sp. - Dipterocarpaceae
25.	2010	PT. Intracawood manufacturing	Keranji / <i>Dialium</i> sp. - Leguminosae

No.	Tahun	Instansi/pihak pengirim sampel	Hasil Identifikasi
26.	2010	PT. Gardena Karya Anugrah	Jati / <i>Tectona grandis</i> L.f. - Lamiaceae
27.	2010	PT. Gardena Karya Anugrah	Mahoni / <i>Swietenia</i> sp. - Meliaceae
28.	2010	Balai Taman Nasional Karimun Jawa	Kumea / <i>Manilkara</i> sp. - Sapotaceae
29.	2010	PT. Jagad Karimbanusa	Balau / <i>Shorea</i> sp. - Dipterocarpaceae
30.	2010	PT. Jagad Karimbanusa	Meranti merah / <i>Shorea</i> spp. - Dipterocarpaceae
31.	2010	PT. Jagad Karimbanusa	Balau merah / <i>Shorea</i> sp. - Dipterocarpaceae
32.	2010	PT. DLH Nordisk	Balau / <i>Shorea laevis</i> Ridl. - Dipterocarpaceae
33.	2011	Lab.Terpadu	Pinus / <i>Pinus</i> sp. - Pinaceae
34.	2011	PT. Team Wood	Punak / <i>Tetramerista</i> sp. - Theaceae
35.	2011	PT. Team Wood	Balau / <i>Shorea laevis</i> Ridl. - Dipterocarpaceae
36.	2011	PT. Team Wood	Giam / <i>Hopea</i> sp. Dipterocarpaceae
37.	2011	NN	Sengon / <i>Paraserianthes falcataria</i> Benth. -Legumni- nosae
38.	2011	PT. DLH Nordisk	Balau / <i>Shorea</i> sp. - Dipterocarpaceae
39.	2011	PT. Sumarecon UP. Toko Laksana	Keruing / <i>Dipterocarpus</i> sp. - Dipterocarpaceae
40.	2011	UD. Eko S.	Keruing / <i>Dipterocarpus</i> sp. - Dipterocarpaceae
41.	2011	PD. Karya Alam Raya	Keruing / <i>Dipterocarpus</i> sp. - Dipterocarpaceae
42.	2011	PD. Karya Alam Raya	Punak / <i>Tetramerista</i> sp. - Theaceae
43.	2011	PT. Bhavada Andalan	Merbau / <i>Intsia</i> sp. - Caesalpiniaceae
44.	2011	PD. Tetraco	Punak / <i>Tetramerista</i> sp. - Theaceae
45.	2011	PD. Tetraco	Keruing / <i>Dipterocarpus</i> sp. - Dipterocarpaceae
46.	2011	PT. Surya Reseach International	Jati / <i>Tectona grandis</i> L.f. - Lamiaceae
47.	2011	PT. Surya Reseach International	Mahoni / <i>Swietenia</i> sp. - Meliaceae
48.	2011	PT. Tata Mulia Nusantara Indah	<i>Dryobalanops</i> sp. - Dipterocarpaceae
49.	2011	PT. Tata Mulia Nusantara Indah	<i>Dipterocarpus</i> sp. - Dipterocarpaceae
50.	2011	NN	Keruing / <i>Dipterocarpus</i> sp. - Dipterocarpaceae
51.	2011	PT. Tata Mulia Nusantara	Kapur / <i>Dryobalanops</i> sp. - Dipterocarpaceae
52.	2011	PT. Citra Perkasa Karya	Jabon / <i>Anthocephalus</i> sp. - Rubiaceae
53.	2011	Kementrian Dalam Negeri	Jati / <i>Tectona grandis</i> L.f. - Lamiaceae
54.	2011	BRIK	<i>Gonystylus</i> sp. - Thymeleaceae
55.	2011	Bea Cukai	Ramin / <i>Gonystylus</i> spp. - Thymeleaceae
56.	2011	Pustanling	Sonokembang / <i>Pterocarpus</i> sp. - Papilionaceae
57.	2011	PT. Van Der Horst	Nyatoh
58.	2011	PT. Van Der Horst	Jati / <i>Tectona grandis</i> L.f. - Lamiaceae
59.	2011	BRIK	<i>Dalbergia</i> sp. - Papilionaceae
60.	2011	PT. Yamaha Music Manufacturing Indonesia	Jabon / <i>Anthocephalus</i> sp. - Rubiaceae
61.	2011	Tim Restorasi Khusus kubah Ge- dung gereja Immanuel	Balau / <i>Shorea</i> sp. - Dipterocarpaceae
62.	2011	Tim Restorasi Khusus kubah Ge- dung gereja Immanuel	Ramin/ <i>Gonystylus</i> sp. - Thymeleacea
63.	2011	Taman Nasional Gunung Halimun	Pinus / <i>Pinus</i> sp. - Pinaceae
64.	2012	BRIK	Jati / <i>Tectona grandis</i> L.f. - Lamiaceae
65.	2012	PT. Liang Chi Indonesia	Meranti kuning / <i>Shorea</i> sp. - Dipterocarpaceae
66.	2012	PT. Liang Chi Indonesia	Meranti putih / <i>Shorea</i> sp. - Dipterocarpaceae

No.	Tahun	Instansi/pihak pengirim sampel	Hasil Identifikasi
67.	2012	PT. Team Wood	Punak / <i>Tetramerista</i> sp. - Theaceae
68.	2012	LIPI Biomaterial	Agatis, Damar / <i>Agathis</i> sp. - Araucariaceae
69.	2012	CV.Karya Wisesa	<i>Hopea</i> sp. - Dipterocarpaceae
70.	2012	PT. Catur Griya	Ulin / <i>Eusideroxylon</i> sp. - Lauraceae
71.	2012	PT. Catur Griya	Gia / <i>Homalium</i> sp. - Flacourtiaceae
72.	2012	PT. Liang Chi Indonesia	Balau / <i>Shorea</i> sp. - Dipterocarpaceae
73.	2012	PT. Liang Chi Indonesia	Meranti putih / <i>Shorea</i> sp. - Dipterocarpaceae
74.	2012	PT. Liang Chi Indonesia	Meranti merah / <i>Shorea</i> sp. - Dipterocarpaceae
75.	2012	NN	Merbau / <i>Intsia</i> sp. - Caesalpinaceae
76.	2012	PT. Dwipapuri Asri	Punak / <i>Tetramerista</i> sp. - Theaceae
77.	2012	PT.Bilanov bersaudara	Punak / <i>Tetramerista</i> sp. - Theaceae
78.	2012	PT.Bilanov bersaudara	Balau / <i>Shorea</i> sp. - Dipterocarpaceae
79.	2012	PT. Haswin Hijau Perkasa	Nyatoh / <i>Palaquium</i> sp. - Sapotaceae
80.	2012	NN	Merbau / <i>Intsia</i> sp. - Leguminosae
81.	2012	PT. Liang Chi Indonesia	Matoa / <i>Pometia</i> sp. Sapindaceae
82.	2012	The Forest Trust	Meranti merah / <i>Shorea</i> sp. - Dipterocarpaceae
83.	2013	PT. Bam Decorient	White oaks / <i>Quercus</i> sp. - Fagaceae
84.	2013	BPK Kupang	<i>Pouteria</i> sp. - Sapotaceae
85.	2013	BPK Kupang	<i>Pterocarpus</i> sp. - Papilionaceae
86.	2013	Binus - Jakarta	Balau / <i>Shorea</i> sp. - Dipterocarpaceae
87.	2013	Binus - Jakarta	Bangkirai / <i>Shorea</i> sp. - Dipterocarpaceae
88.	2013	Binus - Jakarta	Punak / <i>Tetramerista</i> sp. - Theaceae
89.	2013	Multi Pro	Ulin / <i>Eusideroxylon zwageri</i> - Lauraceae
90.	2013	PT. Weis Heng Jaya Indonesia	Sonokeling / <i>Dalbergia</i> sp. - Papilionaceae
91.	2013	PT. Weis Heng Jaya Indonesia	Merbau / <i>Intsia</i> sp. - Caesalpinaceae
92.	2013	PT. Weis Heng Jaya Indonesia	Sawo kecil / <i>Manilkara</i> sp. - Sapotaceae
93.	2013	PT. Weis Heng Jaya Indonesia	Jati / <i>Tectona grandis</i> L.f. - Lamiaceae
94.	2013	PT. Weis Heng Jaya Indonesia	Sonokembang / <i>Pterocarpus</i> sp. - Papilionaceae
95.	2013	PT. Weis Heng Jaya Indonesia	Agatis, Damar / <i>Agathis</i> - Araucariaceae
96.	2014	PUSPROHUT	Meranti putih / <i>Shorea</i> sp. - Dipterocarpaceae
97.	2014	Bea Cukai: Kantor Pelayanan Utama Tipe B - SBY	<i>Eucalyptus</i> sp. - Myrtaceae
98.	2014	Dit.Pol Air Polda NTT	Nyatoh, biti / <i>Payena</i> sp. - Sapotaceae
99.	2014	Dit.Pol Air Polda NTT	Tusam / <i>Pinus</i> sp. - Pinaceae
100.	2014	Dit.Pol Air Polda NTT	Nyatoh / <i>Palaquium</i> sp. - Sapotaceae
101.	2014	NN	Agatis, Damar / <i>Agathis</i> - Araucariaceae
102.	2014	NN	Ulin / <i>Eusideroxylon</i> sp. - Lauraceae
103.	2015	Indofood tower	Upun / <i>Upuna</i> sp. - Dipterocarpaceae
104.	2015	Indofood tower	Meranti merah / <i>Shorea</i> sp. - Dipterocarpaceae
105.	2015	PT. Haswin Hijau Perkasa	Resak / Giam / <i>Cotylelobium</i> sp. - Dipterocarpaceae
106.	2015	Polres Jakarta Pusat	Jati / <i>Tectona grandis</i> L.f. - Lamiaceae
107.	2015	Polres Jakarta Pusat	Balau / <i>Shorea</i> sp. - Dipterocarpaceae
108.	2015	Polres Jakarta Pusat	Ulin / <i>Eusideroxylon</i> sp. - Lauraceae
109.	2015	UNIB	Meranti kuning / <i>Shorea</i> spp. -Dipterocarpaceae

No.	Tahun	Instansi/pihak pengirim sampel	Hasil Identifikasi
110.	2015	PT. NAS Bogor	Merawan / <i>Anisoptera</i> sp.- Dipterocarpaceae
111.	2015	PT. NAS Bogor	Kapur / <i>Dryobalanops</i> sp. - Dipterocarpaceae
112.	2015	PT. NAS Bogor	Sengon / <i>Paraserianthes</i> sp. - Leguminosae
113.	2015	PT. Hitakara	Ulin / <i>Eusideroxylon</i> sp. - Lauraceae
114.	2015	PT.Sri Pratama Indonesia	Nyatoh / <i>Palaquium</i> sp. - Sapotaceae
115.	2015	Bapak Imam Moklas	Ulin / <i>Eusideroxylon</i> sp. - Lauraceae
116.	2015	PT. Hitakara	Pinus / <i>Pinus</i> sp. - Pinaceae
117.	2015	PT. Hitakara	Sengon / <i>Paraserianthes falcataria</i> - Leguminosae
118.	2015	NN	Merawan / <i>Hopea</i> sp.- Dipterocarpaceae
119.	2015	DLH Nordisk	Mersawa / <i>Anisoptera</i> sp. - Dipterocarpaceae
120.	2015	DLH Nordisk	Bintangur / <i>Calophyllum</i> - Guttiferae
121.	2015	DLH Nordisk	Mersawa / <i>Anisoptera</i> sp. - Dipterocarpaceae
122.	2015	PT. Haswin Hijau Perkasa	<i>Parashorea</i> sp. - Dipterocarpaceae
123.	2015	PUT 40	Meranti Ringan / <i>Shorea</i> spp. - Dipterocarpaceae
124.	2015	NN	Ramin / <i>Gonystylus</i> spp. - Thymeleaceae
125.	2015	NN	Agatis, Damar / <i>Agathis</i> sp. - Araucariaceae
126.	2016	Bea Cukai	Agatis, Damar / <i>Agathis</i> sp. - Araucariaceae
127.	2016	Bea Cukai	Ramin / <i>Gonystylus</i> sp. - Thymeleaceae
128.	2016	BRIK	Mahoni / <i>Swietenia</i> sp. - Meliaceae
129.	2016	BRIK	Bintangur / <i>Calophyllum</i> sp. - Guttiferae
130.	2016	NN	Balau / <i>Shorea</i> sp. - Dipterocarpaceae
131.	2016	PT. Wijaya Karya	Laban / <i>Vitex</i> sp. - Lamiaceae
132.	2016	PT. Wijaya Karya	Gelam / <i>Dialium</i> sp. – Caesalpiniaceae
133.	2016	NN	Ulin / <i>Eusideroxylon</i> sp. – Lauraceae
134.	2016	PT. Wijaya Karya	Merbau / <i>Intsia</i> sp. – Caesalpniaceae
135.	2017	NN	Jati / <i>Tectona grandis</i> L.f. – Lamiaceae
136.	2017	PT. Haswin Hijau Perkasa	<i>Vitex</i> sp. – Lamiaceae
137.	2017	PT. Leef Esens Flora	Sonokeling / <i>Dalbergia</i> sp. – Papilionaceae

## Lampiran 2. Jenis kayu hasil identifikasi yang termasuk ke dalam kelas komersial minor

No.	Tahun	Instansi/pihak pengirim sampel	Hasil Identifikasi
1.	2008	PT.Cemerlang Selaras Wood Working	Nangka, Terap, Keledang / <i>Artocarpus</i> sp. - Moraceae
2.	2008	PT. Cemerlang Selaras Wood Working	Biti / <i>Vitex</i> sp. - Lamiaceae
3.	2009	NN	Kedondong / <i>Santiria</i> sp. - Burseraceae
4.	2009	NN	Kenari / <i>Canarium</i> sp. - Burseraceae
5.	2009	Polda NTT - Dit Pol Air	Akasia / <i>Acacia</i> sp. - Leguminosae
6.	2009	NN	Kelat / <i>Syzygium</i> sp. - Myrtaceae
7.	2010	PT. Sumarecon	Pelaju / <i>Pentaspadon</i> sp. -Anacardiaceae
8.	2010	Dit.Pol Air NTT	Gia / <i>Homalium</i> sp. - Flacourtiaceae
9.	2010	Dit.Pol Air NTT	Ketapang / <i>Terminalia</i> sp. - Combretaceae
10.	2010	Tanjung Redeb	Eboni / <i>Diospyros</i> sp. - Ebenaceae
11.	2010	PT.Karya Agung	Langit , Gia / <i>Homalium</i> sp. - Flacourtiaceae
12.	2010	PT.Karya Agung	Dadah / <i>Artocarpus</i> sp. - Moraceae

No.	Tahun	Instansi/pihak pengirim sampel	Hasil Identifikasi
13.	2010	PT.Karya Agung	Ketapang / <i>Terminalia</i> sp. - Combretaceae
14.	2010	NN	<i>Cinnamomum</i> sp. - Lauraceae
15.	2010	CV. Decorus	<i>Cinnamomum</i> sp. - Lauraceae
16.	2010	CV. Decorus	Akasia / <i>Acacia</i> sp. - Leguminosae
17.	2011	NN	Mindi / <i>Melia azedarah</i> L. - Meliaceae
18.	2011	Balai Taman Nasional Gunung Halim-un Salak	Pasang / <i>Lithocarpus</i> sp. - Fagaceae
19.	2011	PT.Surya Reseach International	Kenari / <i>Canarium</i> sp. - Burseraceae
20.	2011	LIPI	<i>Lithocarpus</i> sp. - Fagaceae
21.	2011	PT. Tata Mulia Nusantara	Nangka / <i>Artocarpus</i> sp. - Moraceae
22.	2011	BRIK	Eboni / <i>Diospyros</i> sp. - Ebenaceae
23.	2011	PT. Van Der Horst	Eboni / <i>Diospyros</i> sp. - Ebenaceae
24.	2011	DLH Nordisk	<i>Dillenia</i> sp. - Dilleniaceae
25.	2011	NN	Eboni / <i>Diospyros</i> sp. - Ebenaceae
26.	2011	Taman Nasional Gunung Halimun	Pasang / <i>Lithocarpus</i> sp. - Fagaceae
27.	2012	Beach Walk Bali	Akasia / <i>Acacia</i> sp. - Leguminosae
28.	2012	Dinas Kehutanan Pem.Kab. Berau	Eboni / <i>Diospyros</i> sp. - Ebenaceae
29.	2012	PT. Kawai Indonesia	Eboni / <i>Diospyros</i> sp. - Ebenaceae
30.	2013	NN	<i>Sterculia</i> sp. - Sterculiaceae
31.	2013	BRIK	Surian batu / <i>Chukrasia</i> sp. - Meliaceae
32.	2013	Bea cukai: Kantor Pelayanan Utama Tipe A Tanjung Priok	<i>Cinnamomum</i> sp. - Lauraceae
33.	2013	PT. Weis Heng Jaya Indonesia	Eboni / <i>Diospyros</i> sp. - Ebenaceae
34.	2013	Perhutani	<i>Aleurites</i> sp. - Euphorbiaceae
35.	2014	PT. Kawai Indonesia	Eboni / <i>Diospyros</i> sp. - Ebenaceae
36.	2014	CV. Intan Mutiara Sanny	Akasia / <i>Acacia</i> sp. - Leguminosae
37.	2014	Dit.Pol Air Polda NTT	Penarahan / <i>Gymnocranthera</i> sp. - Myristicaceae
38.	2014	PT. Haswin Hijau Perkasa	<i>Aglaia</i> sp. - Meliaceae
39.	2015	NN	Mindi / <i>Melia</i> - Meliaceae
40.	2015	NN	Karet / <i>Hevea</i> sp. - Euphorbiaceae
41.	2016	NN	<i>Aglaia</i> sp. - Meliaceae
42.	2016	NN	Biti, Gofasa / <i>Vitex</i> sp. - Lamiaceae
43.	2016	PT. Haswin Hijau Perkasa	Merpauh / <i>Swintonia</i> sp. - Anacardiaceae
44.	2016	PT. Haswin Hijau Perkasa	Kelumpang / <i>Sterculia</i> sp. - Sterculiaceae

**Lampiran 3.** Jenis kayu hasil identifikasi yang termasuk ke dalam kelompok kayu kurang dikenal

No.	Tahun	Instansi/pihak pengirim sampel	Hasil Identifikasi
1.	2008	PT.Cemerlang Selaras Wood Working	<i>Premna</i> sp. - Lamiaceae
2.	2008	CV.Decorus	Hapas - hapas, Kapas - kapas / <i>Exbucklandia</i> sp. - Hamamelidaceae
3.	2008	NN	Kondo / <i>Gonocaryum</i> sp. - Icacinaceae
4.	2008	Balai Pemantauan Pemanfaatan Hutan Produksi wilayah II Medan	Mentibu, Jongkong / <i>Dactylocladus</i> sp. - Melastomataceae

No.	Tahun	Instansi/pihak pengirim sampel	Hasil Identifikasi
5.	2008	NN	Pudulan / <i>Schizomeria</i> sp. - Cunoniaceae
6.	2008	NN	Mensira, ki bonteng / <i>Ilex</i> sp. - Aquifoliaceae
7.	2008	NN	Kandis / <i>Garcinia</i> sp. - Guttiferae
8.	2008	The Nature Conservancy	Pelawan / <i>Tristaniopsis</i> sp.- Myrtaceae
9.	2008	NN	Limpato / <i>Prainea</i> sp. - Moraceae
10.	2009	BRIK	Ixora sp. - Rubiaceae
11.	2009	PT. Megah Prima	Sengon / <i>Albizzia procera</i> Benth - Leguminosae
12.	2009	PT. Pauwels Travo Asia	Jenitri / <i>Elaeocarpus</i> sp. - Tiliaceae
13.	2009	NN	Lantupak / <i>Chisocheton</i> sp. - Meliaceae
14.	2009	NN	Bedaru / <i>Cantleya</i> sp.- Icacinaceae
15.	2009	NN	Kenari / <i>Dacryodes</i> sp. Burseraceae
16.	2009	NN	Kayu Daun balik / <i>Alphitonia</i> sp. - Rhamnaceae
17.	2009	Dinas Kehutanan Kep.Mentawai	Medang keladi / <i>Alseodaphne</i> sp.- Lauraceae
18.	2010	PT. Sumarecon	Puspa / <i>Schima</i> sp. Theaceae
19.	2010	PT. Sumarecon	Durian / <i>Neesia</i> sp. Bombacaceae
20.	2010	PT. Albasi Priangan Lestari	Balsa / <i>Ochroma</i> sp. - Bombacaceae
21.	2010	Dit.Pol Air NTT	Merlapang / <i>Alangium</i> sp. -Alangiaceae
22.	2010	Dit.Pol Air NTT	Penarahan / <i>Horsfieldia</i> sp. - Myristicaceae
23.	2010	Dit.Pol Air NTT	Achera, dongkina putih, aifim / <i>Neuburgia</i> sp. - Loganiaceae
24.	2010	Dit.Pol Air NTT	Rukem / <i>Scolopia</i> sp. - Flacourtiaceae
25.	2010	Dit.Pol Air NTT	Bangkal / <i>Nauclea</i> sp.- Rubiaceae
26.	2010	CV. STIA Mas	Kulim / <i>Scorodocarpus</i> sp. - Olacaceae
27.	2010	CV. STIA Mas	Pelawan / <i>Tristaniopsis</i> sp.- Myrtaceae
28.	2010	PT.Karya Agung	Mantru, Puspa / <i>Schima</i> sp. - Theaceae
29.	2010	PT. Panutan Jaya Abadi	<i>Irvingia</i> sp. - Simarubaceae
30.	2011	NN	<i>Castanopsis</i> spp. - Fagaceae
31.	2011	Taman Nasional Gunung Halimun	<i>Castanopsis</i> spp. - Fagaceae
32.	2011	PT. Hastra Pasifik Papua	<i>Colubrina</i> sp. - Rhamnaceae
33.	2011	PT. Seng Fong Moulding Perkasa	<i>Albizzia</i> sp. - Leguminosae
34.	2011	PT. Perkebunan	<i>Albizzia</i> sp. - Leguminosae
35.	2011	NN	<i>Albizzia</i> sp. - Leguminosae
36.	2011	NN	<i>Albizzia</i> sp. - Leguminosae
37.	2011	NN	Epung, Pung / <i>Dichrostachys</i> sp. - Fabaceae
38.	2011	BP2HP Surabaya	Weru / <i>Albizzia</i> sp. -Leguminosae
39.	2011	PT. Surya Reseach International	Bayur / <i>Pterospermum</i> sp. - Sterculiaceae
40.	2011	PT.Surya Reseach International	Kedondong hutan / <i>Spondias</i> sp. - Anacardiaceae
41.	2011	LIPI	<i>Vernonia</i> sp.- Compositae
42.	2011	LIPI	<i>Grewia</i> sp. - Tiliaceae
43.	2011	PT. Tata Mulia Nusantara Indah	<i>Buchanania</i> sp. - Anacardiaceae
44.	2011	PT. Tata Mulia Nusantara Indah	<i>Dacryodes</i> sp. - Burseraceae
45.	2011	PT. Hastra Pasifik Papua	<i>Saraca</i> sp. - Caesalpiniaceae
46.	2011	Asal Pasuruan	Balsa / <i>Ochroma</i> sp. - Bombacaceae
47.	2011	PT. Citra Perkasa Karya	Bayur / <i>Pterospermum</i> sp. - Sterculiaceae
48.	2011	PT. Citra Perkasa Karya	Kayu Pagar anak / <i>Ixonanthes</i> sp. - Linaceae

No.	Tahun	Instansi/pihak pengirim sampel	Hasil Identifikasi
49.	2011	PT. Van Der Horst	Kalapi / <i>Kalappia celebica</i> K. - Caesalpiniaceae
50.	2011	PT. Van Der Horst	Merampuyan / <i>Rhodamnia</i> sp. - Myrtaceae
51.	2011	DLH Nordisk	<i>Maranthes</i> sp. - Rosaceae
52.	2011	PT. Seng Fong Moulding Perkasa	<i>Dacryodes</i> sp. - Burseraceae
53.	2011	PT. Yamaha Music Manufacturing Indonesia	Vensi / <i>Dacryodes</i> sp. - Burseraceae
54.	2011	Litbang Makaar	Swan / <i>Lophostemon</i> sp.
55.	2011	Litbang Makaar	Pingsan / <i>Teysmanniodendron</i> sp. - Theaceae
56.	2011	NN	<i>Croton</i> sp. - Euphorbiaceae
57.	2011	NN	<i>Horsfieldia</i> sp. - Myristicaceae
58.	2011	Taman Nasional Gunung Halimun	Penarahan / <i>Crypteronia</i> sp. - Crypteroniaceae
59.	2011	Taman Nasional Gunung Halimun	Jirak, katulampa, ki tenjo / <i>Symplocos</i> sp. - Symplocaceae
60.	2012	BRIK	Johar / <i>Cassia</i> sp.
61.	2012	BP2HP wilyah VI Lampung	Bayur / <i>Pterospermum</i> sp. - Sterculiaceae
62.	2012	BRIK	<i>Xylocarpus</i> sp. - Meliaceae
63.	2012	DLH Nordisk	Mertas / <i>Ctenolophon</i> sp. - Linaceae
64.	2012	PT. Liang Chi Indonesia	Merlapang / <i>Alangium</i> sp. -Alangiaceae
65.	2012	PT. Liang Chi Indonesia	Baniran / <i>Ixonanthes</i> sp. - Linaceae
66.	2012	PT. Liang Chi Indonesia	Pampang / <i>Prainea</i> sp. - Moraceae
67.	2012	LIPI Biomaterial	<i>Symplocos</i> sp. - Symplocaceae
68.	2012	LIPI Biomaterial	<i>Brownlowia</i> sp. - Tiliaceae
69.	2012	LIPI Biomaterial	<i>Ficus</i> sp. - Moraceae
70.	2012	LIPI Biomaterial	<i>Albizia</i> sp. - Leguminosae
71.	2012	LIPI Biomaterial	<i>Xylocarpus</i> sp. - Meliaceae
72.	2012	LIPI Biomaterial	<i>Acer</i> sp. - Aceraceae
73.	2012	LIPI Biomaterial	<i>Ficus</i> sp. - Moraceae
74.	2012	Rimba Utama	Pelawan / <i>Tirstaniopsis</i> sp. - Myrtaceae
75.	2012	CV.Karya Wisesa	<i>Parastemon</i> sp. - Rosaceae
76.	2012	CV. STIA Mas	Pelawan / <i>Tirstaniopsis</i> sp. - Myrtaceae
77.	2012	CV. STIA Mas	Merampuyan / <i>Rhodamnia</i> sp. - Myrtaceae
78.	2012	DLH Nordisk	<i>Drypetes</i> sp. - Euphorbiaceae
79.	2012	PT. Haswin Hijau Perkasa	Kayu Gula / <i>Aphanamixis</i> sp. - Meliaceae
80.	2013	Bapak Abdullah AT.	<i>Camptostemon</i> sp. - Bombacaceae
81.	2013	PT. Bam Decorient	<i>Cassia</i> sp. - Caesalpiniaceae
82.	2013	BPK Kupang	<i>Albizia</i> sp. - Leguminosae
83.	2013	BPK Kupang	<i>Chisocheton</i> sp. - Malvaceae
84.	2013	BPK Kupang	<i>Lagerstroemia</i> sp. - Lythraceae
85.	2013	BRIK	Johar / <i>Cassia</i> sp. - Caesalpiniaceae
86.	2013	BRIK	En / <i>Brackenridge</i> asp. - Ochnaceae
87.	2013	LIPI	Pelawan / <i>Tristaniopsis</i> sp. - Myrtaceae
88.	2013	PT. Weis Heng Jaya Indonesia	Kalapi / <i>Kalappia</i> sp. - Papilionaceae
89.	2013	PT. Weis Heng Jaya Indonesia	Pelawan / <i>Tristaniopsis</i> sp. - Myrtaceae
90.	2013	PT. Weis Heng Jaya Indonesia	<i>Croton</i> sp. - Euphorbiaceae
91.	2013	Dirjen Bea Cukai: Kantor Pelayan Utama Tipe A Tanjung Priok	<i>Alseodaphne</i> sp. - Lauraceae

No.	Tahun	Instansi/pihak pengirim sampel	Hasil Identifikasi
92.	2013	PT. BRIK Quality	<i>Mimusops</i> sp. - Sapotaceae
93.	2013	Kepolisian Negara RI Daerah Sul. Tenggara Resrt Wakatobi	<i>Haplolobus</i> sp. - Burseraceae
94.	2013	PT. Haswin Hijau Perkasa	<i>Pterospermum</i> sp. - Sterculiaceae
95.	2014	PUSPROHUT	<i>Scolopia</i> sp. - Flacourtiaceae
96.	2014	NN	Kelat / <i>Acmena</i> sp. - Myrtaceae
97.	2014	NN	Kulim / <i>Scorodocarpus</i> sp. - Olacaceae
98.	2014	PT. Intertrend Utama	Menjalin, kayu Batu / <i>Xanthophyllum</i> - Polygalaceae
99.	2014	PT.Panutan Jaya Abadi	Garu laut, garu mata bunga / <i>Excoecaria</i> sp. - Euphorbiaceae
100.	2014	CV. Intan Mutiara Sanny	<i>Lophostemon</i> sp. - Myrtaceae
101.	2014	PT. K & I International Indonesia	<i>Saraca</i> sp. - Caesalpiniaceae
102.	2014	Taman Golf - Lippo Karawaci	Pelawan / <i>Tristaniopsis</i> sp. - Myrtaceae
103.	2014	Dit.Pol Air Polda NTT	Merlapang / <i>Alangium</i> sp. - Alangiaceae
104.	2014	Dit.Pol Air Polda NTT	Medang / <i>Endiandra</i> sp. - Lauraceae
105.	2014	NN	Kacang / <i>Strombosia</i> sp. - Olacaceae
106.	2015	PT. Haswin Hijau Perkasa	<i>Casaeria</i> sp. - Flacourtiaceae
107.	2015	NN	Puspa / <i>Schima</i> - Theaceae
108.	2015	DLH Nordisk	Bengkinang, Jenitri / <i>Elaeocarpus</i> sp. - Tiliaceae
109.	2016	BRIK	Bongin / <i>Irvingia</i> sp. - Simarubaceae
110.	2016	BRIK	Saga / <i>Adenanthera</i> sp. - Leguminosae
111.	2016	BRIK	Jering, Jengkol / <i>Pithecelobium</i> sp. - Leguminosae
112.	2016	NN	Medang / <i>Alseodaphne</i> sp. - Lauraceae
113.	2016	NN	Talok / <i>Grewia</i> sp. -Tiliaceae
114.	2016	PT. Wijaya Karya	Kembang dedes / <i>Saraca</i> sp. - Caesalpiniaceae
115.	2016	PT. Wijaya Karya	Kulim / <i>Scorodocarpus</i> sp. - Olacaceae
116.	2016	Haji Baso Sumanggirelung - Kendari	<i>Osbornia</i> sp. - Myrtaceae
117.	2016	Haji Baso Sumanggirelung - Kendari	<i>Carallia</i> sp.- Rhizophoraceae
118.	2017	Bea Cukai	Bakau / <i>Bruguiera</i> sp. - Rhizophoraceae
119.	2017	CV. Megah Prima	Bakata / <i>Trichadenia</i> sp. - Flacourtiaceae
120.	2017	CV. Megah Prima	Kedondong / <i>Dacrodes</i> sp. - Burseraceae
121.	2017	PT. Haswin Hijau Perkasa	Lara kuning / <i>Ctenolophon</i> sp. - Linaceae
122.	2017	Bea Cukai	<i>Eunymus</i> sp. - Celastraceae

**Lampiran 4.** Jenis kayu hasil identifikasi yang termasuk ke dalam kelompok kayu sangat kurang dikenal

No.	Tahun	Instansi/pihak pengirim sampel	Hasil Identifikasi
1.	2010	Lab.Terpadu	Bakau / <i>Ceriops</i> sp. - Rhizophoraceae (Arang)
2.	2010	PT. Panutan Jaya Abadi	<i>Gyrinops</i> sp. - Thymeleaceae
3.	2011	Polda Sumut	Arang / <i>Ceriops tagal</i> - Rhizoporaceae
4.	2011	Balai Taman Nasional Gunung Halimun Salak	Afrika / <i>Maesopsis eminii</i> - Rhamnaceae
5.	2012	Kementrian Keuangan Dirjen Bea dan Cukai kantor wilayah XIV Kalimantan	Yew / <i>Taxus</i> sp. - Taxaceae
6.	2012	BP2HP wilyah VIII Surabaya	Gaharu / <i>Gyrinops</i> sp. - Thymeleaceae
7.	2013	NN	<i>Taxus</i> sp. - Taxaceae

No.	Tahun	Instansi/pihak pengirim sampel	Hasil Identifikasi
8.	2013	BP2HP – Jakarta	Gaharu / <i>Gyrinops</i> sp. - Thymeleaceae
9.	2013	Bea Cukai	<i>Taxus</i> sp. - Taxaceae
10.	2013	NN	Gaharu / <i>Gyrinops</i> sp. - Thymeleaceae
11.	2015	NN	<i>Taxus</i> sp. - Taxaceae
12.	2017	PT. Haswin Hijau Perkasa	Lara merah / <i>Amoora</i> sp. - Meliaceae

### Lampiran 5. Jenis kayu hasil identifikasi yang termasuk ke dalam kelompok lainnya

No.	Tahun	Instansi/pihak pengirim sampel	Hasil Identifikasi
1.	2008	BRIK	Gaharu / <i>Aquilaria</i> sp. - Thymeleaceae
2.	2008	BTNGS	Sampang / <i>Evodia</i> sp. - Rutaceae
3.	2009	BRIK	Gaharu / <i>Aquilaria</i> sp. - Thymeleaceae
4.	2010	BP2HP Kalimantan	Gaharu / <i>Gonystylus</i> sp. - Thymeleaceae
5.	2011	PT. Panutan Jaya Abadi	Cendana / <i>Santalum album</i> L.- Santalaceae
6.	2011	LIPI	<i>Securinaga</i> sp. - Euphorbiaceae
7.	2011	PT.Panutan Jaya Abadi	Gaharu / <i>Aquilaria</i> sp. - Thymeleaceae
8.	2012	Direktorat Pengendalian dan Pengamanan Hutan	<i>Phalerie</i> sp. - Thymeleaceae
9.	2013	Bea Cukai	<i>Exocarpus</i> sp. - Santalaceae
10.	2013	BPK Kupang	<i>Murraya</i> - Rutaceae
11.	2014	Bea Cukai	<i>Exocarpus</i> sp. - Santalaceae
12.	2014	Bea Cukai	Pasak bumi / <i>Eurycoma</i> sp. - Simarubaceae
13.	2014	Bea Cukai	<i>Exocarpus</i> sp. - Santalaceae
14.	2014	Bea Cukai	<i>Exocarpus</i> sp. - Santalaceae
15.	2014	NN	Pasak bumi / <i>Eurycoma</i> sp. - Simarubaceae
16.	2014	PT. Barumon Raya	Pasak bumi / <i>Eurycoma</i> sp. - Simarubaceae
17.	2014	Bea Cukai	Pasak bumi / <i>Eurycoma</i> sp. - Simarubaceae
18.	2015	Bea Cukai	Pasak bumi / <i>Eurycoma</i> sp. - Simarubaceae
19.	2015	Bea Cukai Tipe A Tanjung Priok	Pasak bumi / <i>Eurycoma</i> sp. - Simarubaceae
20.	2015	HSIEH CHIEN HUEI	Gaharu / <i>Aquilaria</i> sp. - Thymeleaceae
21.	2016	UNPAR	Kayu Siwak, <i>Salvadora</i> / <i>Persica</i> L. - Salvadoraceae
22.	2016	NN	<i>Trichosypha</i> sp.
23.	2017	PT. Herba Emas Wahidatama	Pasak bumi / <i>Eurycoma</i> sp. - Simarubaceae
24.	2017	PT. Herba Emas Wahidatama	Secang / <i>Caesalpinia sappan</i> L. - Leguminosae
25.	2017	PT. Herba Emas Wahidatama	Akar kuning / <i>Arcangelisia flava</i> (L.) Merr. - Menispermaceae
26.	2017	PT. Tasan Megah Pratama Internasional	Douglas fir / <i>Pseudotsuga</i> sp. - Pinaceae

Keterangan: NN: Nama pero

# Sifat Fisika dan Mekanika Kayu Jati (*Tectona grandis* Linn.f.) Sumbawa Barat Berdasarkan Arah Radial dan Aksial

Febriana Tri Wulandari, Dwi Sukma Rini, Fandi Wijaya, & Agung Faisal Ardiansyah

Program Studi Kehutanan, Universitas Mataram, Mataram

Email: [aritri71@yahoo.com](mailto:aritri71@yahoo.com)

## ABSTRAK

Jati di daerah Sumbawa Barat tidak mendapatkan perlakuan silvikultur dan umur kayu Jati yang biasa digunakan masih muda (dibawah umur 15 tahun), sehingga perlu untuk menguji sifat fisika dan mekanika jati Sumbawa Barat tersebut. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui sifat fisika dan mekanika kayu jati Sumbawa berdasarkan arah radial dan arah aksial. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai sifat fisika dan mekanika sebagai berikut: nilai rata-rata untuk arah radial kadar air segar kayu jati 79.70 %, kadar air kering udara 16,79 %, berat jenis volume segar 0.54, berat jenis volume kering udara 0.55, berat jenis volume kering tanur 0.58, penyusutan dari kondisi segar sampai kering udara arah longitudinal 0,18 %, tangensial 2,92%, dan radial 1,24 %, penyusutan dari kondisi segar sampai kering tanur longitudinal 0,41 %, tangensial 5,44 %, dan radial 3,22 %, pengembangan dari kering udara sampai basah longitudinal 1,01 %, tangensial 2,28%, dan radial 0,80 %, nilai MoE 97,417.31Kg/cm<sup>2</sup>, nilai MoR 809,27 Kg/cm<sup>2</sup>. Selanjutnya, pada arah aksial, nilai kadar air segar dan kering udara sebesar 79,69% dan 16,08%. Berat jenis volume segar, kering udara, dan kering tanur sebesar 0,54; 0,55; dan 0,58. Penyusutan radial, tangensial, dan longitudinal dari segar sampai kering tanur sebesar 1,24%; 2,92%; dan 0,18%. Penyusutan radial, tangensial, dan longitudinal dari segar sampai kering tanur sebesar 3,22%; 5,44%; dan 0,42%. Pengembangan radial, tangensial, dan longitudinal dari kering udara sampai basah sebesar 0,80%; 2,28%; dan 0,11%. Dan keteguhan lengkung statik pada batas MoE, dan MoR sebesar 97.417,32 kg/cm<sup>2</sup>; dan 809,27 kg/cm<sup>2</sup>.

**Kata Kunci** : arah radial, kayu jati, sifat fisika, sifat mekanika

## Pendahuluan

Penelitian mengenai sifat dan karakteristik kayu jati sudah banyak dilakukan, namun untuk sifat kayu jati di daerah Sumbawa Barat belum pernah dilakukan. Dwianto dan Marsoem (2008) menjelaskan bahwa faktor-faktor alam seperti tempat tumbuh, umur, jenis kayu, letak dalam batang, dan diameter akan mempengaruhi sifat fisika maupun mekanik kayu. Hal ini mendorong peneliti untuk mengkaji sifat fisika dan mekanika kayu jati yang tumbuh dipulau Sumbawa khususnya yang berumur muda. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui sifat fisika dan mekanika kayu jati Sumbawa berdasarkan arah radial dan arah aksial.

## Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental. Metode eksperimen adalah metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh variabel tertentu terhadap variabel yang lain dalam kondisi yang terkendalikan (Sugiyono 2011 dalam Sumaryanto 2013).

## **Penebangan**

Dipilih pohon jati sebanyak 3 pohon, dengan ketentuan umur pohon 11 tahun dan diameter 15 cm – 20 cm. Masing-masing pohon diambil disk dengan ketebalan 8 cm dan 35 cm. Selanjutnya, dibuat pola penggergajian searah mata angin dan dibungkus plastik.

## **Pembuatan Contoh Uji**

### *Arah radial*

Sampel pengukuran kadar air dan berat jenis di potong ukuran 2 x 2 x 2 cm yang di ambil pada disk bagian utara sebanyak 12 contoh uji yaitu bagian dekat kulit (K) diambil 0,5 cm dari kulit, bagian antara empulur dan kulit (N) diambil 0,5 dari disk dekat kulit dan dekat empulur (E), serta bagian dekat empulur diambil 1 cm dari empulur, dilanjutkan pengambilan contoh uji ini pada bagian selatan, timur dan baratnya. Ukuan uji dimensi kayu 2 x 2 x 4 cm dan lengkung statik 2 x 2 x 30 cm.

### *Arah aksial*

Untuk pengukuran kadar air dan berat jenis dipotong ukuran 2 x 2 x 2 cm yang diambil dari setiap disk bagian pangkal (P), tengah (T) dan ujung (U) pada bagian utara sebanyak 1 contoh uji, dilanjutkan pengambilan contoh uji pada bagian selatan sebanyak 1 contoh uji. Dimensi kayu ukurannya 2 x 2 x 4 cm. dan lengkung statik 2 x 2 x 30 cm.

## **Pengujian**

Pengujian kadar air, berat jenis, perubahan dimensi dan lengkung statik.

## **Analisis Data**

Data yang telah diperoleh dianalisis dengan cara deskriptif dalam bentuk tabel, gambar dan grafik.

## **Hasil dan Pembahasan**

### **Sifat fisika dan mekanika arah radial**

#### *Kadar Air Kayu*

Nilai rata-rata kadar air segar dan kering tanur tertinggi pada bagian K dan nilai kadar air cenderung meningkat dari E menuju K.

**Tabel 1.** Nilai pengujian kadar air

Perlakuan	Kadar air segar	Kadar air kering udara
K	87,16	16,66
N	77,29	15,81
E	74,65	15,79
Rata-rata	79,70	16,79

Keterangan : K : dekat kulit, N : antara kulit dan empulur, E : dekat empulur.

Bowyer et al. (2003) menjelaskan bahwa dalam satu pohon terdapat variasi kandungan air. Perbedaan antara kayu gubal dan kayu teras adalah salah satu sumber variasinya. Prawirohatmodjo (2012) menjelaskan bahwa kadar air kering udara akan dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban udara sekitarnya.

### *Berat Jenis*

Nilai rata-rata berat jenis tertinggi pada bagian N dan cenderung meningkat dari K menuju N dan selanjutnya menurun menuju E. Berdasarkan nilai berat jenis jati Sumbawa termasuk dalam kelas kuat III (0,40-0,60).

**Tabel 2.** Nilai pengujian berat jenis

Perlakuan	Berat jenis segar	Berat jenis kering udara	Berat jenis kering tanur
K	0,53	0,55	0,58
N	0,56	0,57	0,60
E	0,53	0,54	0,56
Rata-rata	0,54	0,55	0,56

Keterangan : K : dekat kulit, N : antara kulit dan empulur, E : dekat empulur.

Prawirohatmodjo (2012) menjelaskan bahwa umumnya berat jenis tergantung pada besar sel, tebal dinding sel dan hubungan antara jumlah sel-selnya. Bowyer et al. (2003) menjelaskan bahwa variasi berat jenis pada kedudukan radial, bagian dekat empulur berat jenisnya rendah dikarenakan masih berupa kayu juvenil yang terpusat disekitar empulur yang umumnya memiliki dinding sel yang tipis, ruang antar sel banyak sehingga kerapatan kayunya lebih rendah sehingga berat jenisnya juga rendah.

### *Perubahan Dimensi Kayu*

#### *Penyusutan dari Kondisi Segar sampai Kondisi Kering Udara*

Nilai penyusutan tertinggi pada bagian K pada arah tangensial, nilai penyusutan cenderung meningkat dari E menuju K pada bidang tangensial dan radial dan nilai penyusutan cenderung menurun dari K menuju E pada arah longitudinal.

**Tabel 3.** Nilai pengujian penyusutan dari kondisi segar ke kering udara

Perlakuan	Longitudinal	Tangensial	Radial
K	0,17	4,57	1,52
N	0,18	2,33	1,03
E	0,19	1,88	1,17
Rata-rata	0,18	2,92	1,24

Keterangan : K : dekat kulit, N : antara kulit dan empulur, E : dekat empulur.

Perubahan dimensi sepanjang ketiga struktur kayu (longitudinal, tangensial dan radial) tidak sama (Prawirohatmodjo 2012).

#### *Penyusutan dari Kondisi Segar sampai Kondisi Kering Tanur*

Nilai penyusutan tertinggi pada arah tangensial pada bagian K, penyusutan cenderung meningkat dari E menuju K pada arah tangensial dan radial, cenderung menurun dari K menuju E pada arah longitudinal.

**Tabel 4.** Nilai pengujian penyusutan dari kondisi segar ke kering tanur

Perlakuan	Longitudinal	Tangensial	Radial
K	0,38	6,60	3,66
N	0,41	5,07	3,00
E	0,46	4,66	3,01
Rata-rata	0,42	5,44	3,22

Keterangan : K : dekat kulit, N : antara kulit dan empulur, E : dekat empulur.

Penyusutan dari kondisi segar ke kering tanur tertinggi pada arah longitudinal pada bagian E, sedangkan pada arah radial dan tangensial pada bagian K.

#### *Pengembangan dari kering udara sampai ke kondisi basah*

Nilai rata-rata penyusutan tertinggi pada bagian K untuk bidang tangensial dan radial, sedangkan untuk bidang longitudinal pada bagian E. Nilai penyusutan cenderung meningkat dari K menuju E untuk bidang tangensial dan radial, sedangkan untuk bidang longitudinal cenderung meningkat dari E menuju K.

**Tabel 5.** Nilai pengujian dari kering udara ke kondisi basah

Perlakuan	Longitudinal	Tangensial	Radial
K	0,10	3,66	0,86
N	0,13	1,82	0,71
E	0,11	1,36	0,82
Rata-rata	0,11	2,28	0,80

Keterangan : K : dekat kulit, N : antara kulit dan empulur, E : dekat empulur.

Bila dibandingkan dengan penyusutan tangensial dari segar sampai kondisi kering udara, memberikan nilai pengembangan yang lebih kecil dibandingkan dengan penyusutan. Hal ini terjadi karena adanya efek histeresis dalam kayu (Prawirohatmodjo, 2012). Hal ini sesuai dengan pernyataan Bowyer et al. (2003), bahwa pengembangan dan penyusutan mungkin tidak terbalikkan secara sempurna sebagai akibat gaya-gaya pengeringan internal.

### Sifat Mekanika Kayu

Nilai rata tertinggi pada pengujian MoE dan MoR pada bagian K.

**Tabel 6.** Nilai pengujian lengkung statik

Perlakuan	MoE	MoR
K	104.775,44	843,19
N	97.420,73	811,68
E	90.455,78	772,94
Rata-rata	97.417,31	809,27

Keterangan : K : dekat kulit, N : antara kulit dan empulur, E : dekat empulur.

Menurut Karnasudirdja dkk. (1970), nilai MoE kayu jati Sumbawa termasuk dalam kelas kuat III yaitu berkisar antara 90 – 112 kg/cm<sup>2</sup> dan MoR sebesar 725-1100 kg/cm<sup>2</sup> termasuk dalam kelas kuat II.

### Sifat fisika dan mekanika arah aksial

#### Kadar Air Kayu

Nilai tertinggi kadar air segar dan kadar air kering tanur jati Sumbawa terletak pada bagian P dan cenderung menurun dari P menuju T.

**Tabel 7.** Nilai pengujian kadar air

Perlakuan	Kadar air segar	Kadar air kering udara
P	87,13	16,33
T	77,52	16,00
U	74,44	15,93
Rata-rata	79,70	16,09

Keterangan : P : pangkal, T : tengah, U : ujung

Bowyer et al. (2003) menyatakan, kandungan air kayu segar sangat bervariasi di antara spesies, dimana pada setiap spesies terdapat variasi yang besar tergantung pada tempat tumbuh, umur dan volume kayu. Semakin rendah kadar air pada kayu maka lebih mudah pada saat pengolahan kayu tersebut

### Berat Jenis

Nilai tertinggi berat jenis terdapat pada bagian T, berat jenis cenderung meningkat dari P ke T dan menurun kembali menuju U.

**Tabel 8.** Nilai pengujian berat jenis

Perlakuan	Bj segar	Bj kering udara	Bj kering tanur
P	0,54	0,56	0,58
T	0,51	0,53	0,55
U	0,57	0,58	0,61
Rata-rata	0,54	0,55	0,56

Keterangan : P : pangkal, T : tengah, U : ujung

Rata-rata nilai berat jenis jati Sumbawa termasuk dalam kelas kuat III yaitu 0,40-0,60. Bowyer et al. (2003) menyatakan kayu dengan berat jenis tinggi umumnya memiliki kekuatan serta kualitas yang tinggi dan apabila diolah akan menghasilkan rendemen yang tinggi.

### Penyusutan dari Kondisi Segar sampai Kondisi Kering Udara

Nilai penyusutan tertinggi pada bagian P pada arah tangensial, nilai penyusutan cenderung meningkat dari P menuju U pada bidang tangensial dan radial dan nilai penyusutan cenderung menurun dari U menuju K pada arah longitudinal.

**Tabel 9.** Nilai pengujian penyusutan dari kondisi segar ke kering tanu

Perlakuan	Longitudinal	Tangensial	Radial
P	0,12	4,57	1,52
T	0,19	2,33	1,03
U	0,23	1,88	1,17
Rata-rata	0,18	2,92	1,24

Keterangan : P : pangkal, T : tengah, U : ujung

### Penyusutan dari Kondisi Segar sampai Kondisi Kering Tanur

Nilai rata-rata penyusutan tertinggi terletak pada bagian P untuk bidang tangensial dan radial, sedangkan untuk bidang longitudinal pada bagian U. Nilai penyusutan cenderung meningkat dari P menuju U untuk bidang tangensial dan radial, sedangkan untuk bidang longitudinal cenderung meningkat dari U menuju P (Tabel 10).

**Tabel 10.** Nilai pengujian penyusutan dari kondisi segar ke kering tanur

Perlakuan	Longitudinal	Tangensial	Radial
P	0,34	5,26	2,68
T	0,40	5,62	3,43
U	0,51	4,45	3,57
Rata-rata	0,42	5,44	3,22

Keterangan : P : pangkal, T : tengah, U : ujung

Jika dibandingkan dengan penyusutan tangensial dari segar sampai kering udara, nilai pengembangan lebih kecil dari nilai penyusutan. Hal ini terjadi karena adanya efek histeris dalam kayu, histeris merupakan kehilangan sebagian higroskopisitas kayu sebagai akibat pengeringan disebabkan karena perubahan gaya-gaya valensi sekunder yang mengikat air pada gugus hidroksil (OH) (Prawirahatmodjo 2012).

#### *Pengembangan Tebal Dari Kering Udara Ke Kondisi Basah*

Nilai pengembangan tertinggi pada bagian P pada arah tangensial. Pengembangan cenderung meningkat dari U menuju P pada arah tangensial, sedangkan pada arah longitudinal dan radial cenderung meningkat dari P menuju U.

**Tabel 11.** Nilai pengujian pengembangan tebal dari kering udara ke kondisi basah

Perlakuan	Longitudinal	Tangensial	Radial
P	0,08	2,26	0,54
T	0,11	2,23	0,80
U	0,14	2,35	1,05
Rata-rata	0,11	2,28	0,80

Keterangan : P : pangkal, T : tengah, U : ujung

Bowyer et al. (2003), bahwa pengembangan dan penyusutan mungkin tidak terbalikkan secara sempurna sebagai akibat gaya-gaya pengeringan internal.

#### *Sifat Mekanika Kayu*

Nilai rata-rata tertinggi MoE dan MoR pada bagian K. Nilai MoE dan MoR cenderung meningkat dari U menuju P.

**Tabel 12.** Nilai pengujian MoE dan MoR

Perlakuan	MoE	MoR
P	101.127,49	860,02
T	90.203,25	733,31
U	100.921,21	834,48
Rata-rata	97.417,31	809,27

Keterangan : P : pangkal, T : tengah, U : ujung

Menurut Karnasudirdja dkk. (1970) nilai MoE kayu jati Sumbawa termasuk dalam kelas kuat III yaitu berkisar antara 90 – 112 kg/cm<sup>2</sup> dan MoR sebesar 725-1100 kg/cm<sup>2</sup> termasuk dalam kelas kuat II.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian kayu jati Sumbawa berdasarkan arah aksial dan radial maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai rata-rata sifat fisika dan mekanika kayu jati (*Tectona grandis* L.f.) Sumbawa arah radial yaitu kadar air segar dan kering udara sebesar 79,70 % dan 16,79 %, berat jenis volume segar, volume kering udara dan kering tanur sebesar 0,54, 0,55 dan 0,58, Penyusutan radial, tangensial, dan longitudinal dari segar sampai kering sebesar 0,18 %, 2,92%, dan 1,24 %, Penyusutan radial, tangensial, dan longitudinal dari segar sampai kering tanur sebesar 0,41 %, 5,44 %, dan 3,22 %. Pengembangan radial, tangensial, dan longitudinal dari kering udara sampai basah sebesar 1,01 %, 2,28%, dan 0,80 %. Nilai MoE dan MoR sebesar 97.417,31 Kg/cm<sup>2</sup> dan 809,27 Kg/cm<sup>2</sup>.
2. Nilai rata-rata sifat fisika dan mekanika kayu jati (*Tectona grandis* L.f.) Sumbawa arah aksial yaitu kadar air segar dan kering udara sebesar 79,69% dan 16,08%. Berat jenis volume segar, kering udara, dan kering tanur sebesar 0,54; 0,55; dan 0,58. Penyusutan radial, tangensial, dan longitudinal dari segar sampai kering sebesar 1,24%; 2,92%; dan 0,18%. Penyusutan radial, tangensial, dan longitudinal dari segar sampai kering tanur sebesar 3,22%; 5,44%; dan 0,42%. Pengembangan radial, tangensial, dan longitudinal dari kering udara sampai basah sebesar 0,80%; 2,28%; dan 0,11%. Nilai MoE dan MoR sebesar 97.417,32 kg/cm<sup>2</sup> dan 809,27 kg/cm<sup>2</sup>.
3. Kayu Jati (*Tectona grandis* L.f.) Sumbawa termasuk dalam kelas kuat II-III, dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku mebel, kusen-kuken dan kerajinan kayu.

## Daftar Pustaka

- Anonim. 1957. Standar British 373, 1957. Methods of Testing Small Clear Specimen of Timber., London.
- Armstrong M. 2003. Wood Quality. A review of wood quality requirements for processing and the development of non-destructive evaluation techniques for wood property traits. Queensland Forestry Research Institute.
- Bowyer JL, Shmulsky R, Haygreen JG. 2003. Forest Products and Wood Science. An Introduction. 4th edition. Iowa State Press, USA.
- Brown HP, Panshin AJ, Forsainth GG. 1952. Textbook of Wood Technology. Vol.II. The Physical, mechanical, and chemical properties of the commercial wood of the united states. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Hadjib N, Muslich M, Sumarni G. 2006. Sifat Fisika dan Mekanika Jati Super Dan Jati Lokal Dari Beberapa Daerah Penanaman. Jurnal Penelitian Hasil Hutan. **24**(4)
- Karnasudirdja S, Kurnia S, Kusumodiwiryo R. 1970. Pedoman Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Kayu. Publikasi Khusus no 20. Lembaga Penelitian Hasil Hutan. Bogor.
- Kasmudjo. 2001. Pengantar Teknologi Hasil Hutan Bagian V Papan Tiruan Lain. Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan. UGM. Yogyakarta.

- Marsoem SN. 2006. *Pengantar Sifat Mekanika Kayu* (Bahan Kuliah). Fakultas Kehutanan. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Panshin AJ, De Zeeuw C. 1980. *Textbook of Wood Technology*. 4th ed. Structure, identification, properties, and uses of the commercial woods of the United States and Canada, McGraw-Hill Book Company, New York.

# Pendugaan Karakteristik Bambu Kuning (*Bambusa vulgaris var. Striata*) dengan Metode *Flat Ring Flexure Test*

Riris Wijayanti Putri, Naresworo Nugroho, Effendi Tri Bahtiar, & Shawn L Platt

Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 16680

E-mail: [ririswjy@gmail.com](mailto:ririswjy@gmail.com)

## ABSTRAK

Bambu merupakan bahan berlignoselulosa yang memiliki potensi cukup besar sebagai bahan baku alternatif pengganti kayu. Kegunaan bambu sebagai bahan bangunan pada dasarnya telah lama dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia, terutama masyarakat yang tinggal di pedesaan. Bambu sebagai elemen struktur bangunan rumah seperti pondasi, atap, dinding, serta lantai merupakan contoh pemanfaatan bambu yang selama ini telah diaplikasikan oleh masyarakat di pedesaan. Beberapa penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa untuk mengetahui kekuatan lentur suatu jenis bambu diperlukan contoh uji bambu yang utuh. Hal tersebut dirasa kurang efektif. Penelitian ini bermaksud untuk menguji kemungkinan penerapan metode uji yang relatif baru yaitu *Flat Ring Flexure Test (FRF)*. Contoh uji dibuat dalam bentuk cincin dengan panjang kurang lebih 0.2D, diambil dari tiga bagian yaitu ujung, tengah, dan pangkal. Setiap sampel diuji menggunakan UTM berkapasitas 5 ton serta alat baru yang berfungsi untuk memposisikan sampel pada empat dan tiga titik tekan, hal tersebut bertujuan untuk mendapatkan nilai kuat lentur dari sampel bambu yang diuji. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata MOE di bagian ujung memiliki nilai tertinggi yaitu sebesar 597,01 Mpa, hal ini menunjukkan bahwa nilai MOE makin baik menuju bagian ujung bambu. Namun, karena bagian ujung memiliki dimensi yang lebih tipis maka total beban ( $P_{max}$ ) yang dapat diterima menjadi lebih kecil dibanding bagian pangkal maupun bagian tengah, terlihat nilai rata-rata  $P_{max}$  dari bagian pangkal menuju ujung mengalami penurunan. Nilai rata-rata MOR dari bagian pangkal menuju bagian ujung mengalami peningkatan, hal ini diduga berkaitan dengan nilai kerapatan yang berbanding lurus dengan nilai MOR. Terdapat 6-7 kelas kualitas struktur buluh bambu yang terbentuk dalam penerapan metode *confident band*, metode ini dirasa lebih baik dibandingkan metode ISO karena lebih sederhana dan dapat membuat rentang kelas dengan interval prediktor yang sama.

**Kata kunci:** bahan bangunan, bambu, flat ring flexure test, kuat lentur, pemanfaatan bambu

## Pendahuluan

Kebutuhan kayu di Indonesia sebagai bahan baku konstruksi maupun non konstruksi semakin meningkat setiap tahunnya. Hal tersebut dapat disebabkan oleh semakin meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia. Meningkatnya kebutuhan penggunaan kayu berbanding terbalik dengan ketersediaan bahan baku kayu yang ada. Keseluruhan produksi kayu serta ketersediaan kayu di alam tidak mampu memenuhi kebutuhan tersebut (Pandit 2010). Salah satu cara untuk mengatasi kekurangan bahan baku kayu konstruksi adalah dengan mensubstitusi kayu dengan bahan lain yang mampu menggantikan peran kayu sebagai bahan bangunan.

Bambu merupakan bahan berlignoselulosa yang memiliki potensi cukup besar sebagai bahan baku alternatif pengganti kayu konstruksi. Bambu memiliki keanekaragaman jenis yang tinggi. Di Indonesia sendiri terdapat 160 jenis bambu yang terdiri atas 122 jenis asli Indonesia dan 38 jenis hasil introduksi (Widjaja 2012). Bambu memiliki beberapa kelebihan, diantaranya

adalah mudah dibentuk dan pertumbuhannya cepat (Dransfield dan Widjaja 1995). Kelebihan lain yang dimiliki bambu adalah ketersediannya yang berlimpah, sehingga memungkinkan untuk dilakukan produksi secara masal dan kontinu. Tercatat Indonesia mampu memproduksi bambu hingga 9.694.131 batang pada tahun 2015 (BPS 2016).

*Modulus of Elasticity* (MOE) dan *Modulus of Rupture* (MOR) merupakan dua komponen penting yang patut diperhatikan guna mengetahui kekuatan lentur suatu jenis bambu sebelum bambu tersebut diaplikasikan sebagai bahan baku konstruksi. Beberapa penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa, untuk mengetahui kekuatan lentur suatu jenis bambu diperlukan contoh uji bambu yang utuh. Hal tersebut dirasa kurang efektif. Penelitian ini bermaksud untuk menguji kemungkinan penerapan metode uji yang relatif baru yaitu *Flat Ring Flexure Test (FRF)*.

## Bahan dan Metode

### Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bambu kuning (*Bambusa vulgaris var. Striata*) sebanyak 20 buluh dengan panjang rata-rata 5 m yang ditebang dari rumpun bambu di area belakang IPB.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat tulis, *paper tape*, kaliper, *circular saw*, oven, desikator, timbangan, mikroskop, kamera, laptop, dan *flat ring flexure tool* yang diaplikasikan ada *Universal Testing Machine* (UTM) merek Instrontipe 3369 series IX version 8.27.00 dengan kapasitas 5 ton.

### Prosedur Penelitian

#### *Persiapan Bahan.*

Bahan penelitian diperoleh dari hasil penebangan 20 buluh bambu dengan panjang rata-rata 5 m. Setiap buluh kemudian dibagi menjadi 3 bagian yaitu *top*, *middle*, dan *bottom*. Masing-masing bagian tersebut diperoleh dua sampel uji berbentuk cincin dengan ukuran panjang sampel 0.2 kali dari diameter bambu ( $0.2D$ ).

#### *Analisis Anatomi*

Pengamatan anatomi bambu dilakukan secara makroskopis menggunakan mikroskop yang dihubungkan langsung dengan laptop. Gambar yang diperoleh dari mikroskop kemudian dianalisis menggunakan aplikasi *Image J* agar diperoleh persentase *vascular bundle* yang terdapat pada masing-masing sampel bambu yang akan diujikan.

#### *Pengukuran Dimensi*

Pengukuran dimensi sampel bambu yang telah berbentuk cincin meliputi diameter ( $D$ ), ketebalan dinding ( $b$ ), dan panjang sampel bambu ( $h$ ). Pengukuran diameter dilakukan pada 2 sumbu yaitu horizontal dan vertikal menggunakan kaliper. Nilai  $D$  diperoleh dari rata-rata perhitungan diameter kedua sumbu tersebut. Nilai  $b$  diperoleh dari rata-rata pengukuran

ketebalan dinding yang dilakukan pada keempat sisi yang berbeda. Nilai  $h$  diperoleh dari rata-rata pengukuran panjang sampel bambu yang juga dilakukan pada keempat sisi yang sama dengan ketebalan dinding.

### *Pengukuran Geometri*

#### Eccentricity

*Eccentricity (Ec)* merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur kebulatan dari bentuk elips. *Eccentricity* bernilai 0 memiliki arti bahwa penampang bambu tersebut bulat sempurna. Nilai *eccentricity* dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

#### Ovalitas (*Ovality*)

*Ovality (Ov)* adalah perbandingan diameter terkecil dan terbesar pada satu bidang pengukuran. *Ovality* bernilai 1 memiliki arti bahwa penampang bambu tersebut berbentuk bulat sempurna. Nilai *ovality* dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan:

### *Pengujian Sifat Fisis*

#### Kadar Air

Pengukuran kadar air (*KA*) dilakukan dengan cara menimbang masing-masing sampel utuh berbentuk ring sebelum sampel diujikan ( $B_{KU}$ ) dan setelah sampel diujikan serta dioven dalam suhu  $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$  ( $B_{KO}$ ). Nilai kadar air kemudian diperoleh dengan memasukan data berat kedalam persamaan berikut:

#### Keterangan:

KA : Kadar Air (%)

$B_{KU}$  : Berat Kering Udara

$B_{KO}$  : Berat Kering Oven

#### Pengukuran Kerapatan

Kerapatan pada bambu dibagi menjadi dua, yaitu kerapatan dinding ( $\rho_w$ ) dan kerapatan buluh ( $\rho_c$ ). Kedua kerapatan tersebut nantinya diuraikan kembali berdasarkan perlakuan sebelum dan sesudah pengovenan. Nilai kedua kerapatan tersebut dapat diperoleh menggunakan persamaan berikut:

#### Keterangan:

W : Berat Sampel (g)

h : Panjang Sampel (mm)

### *Pengukuran Linear mass*

*Linear mass (q)* adalah perbandingan antara berat sampel terhadap panjang sampel. Untuk mengetahui nilai *linear mass*, maka dapat digunakan persamaan berikut:

### Pengujian Sifat Mekanis

Pengujian sifat mekanis yang dilakukan pada penelitian ini adalah keteguhan lentur. Pengujian dilakukan menggunakan metode *Flat Ring Flexure Test* yang diaplikasikan pada UTM dengan kecepatan pembebanan sebesar 0.8 mm/menit. Sampel uji yang digunakan adalah sampel yang telah berbentuk cincin dengan panjang cincin bambu 0.2 kali dari diameternya (0.2D). Mengacu pada ASTM D 198-05, nilai MOE dan MOR ditentukan menggunakan persamaan:

Keterangan:

MOE : *Modulus of Elasticity* (kgf/mm<sup>2</sup>)

MOR : *Modulus of Rupture* (kgf/mm<sup>2</sup>)

$\Delta P$  : Beban dibawah batas proporsi (kgf)

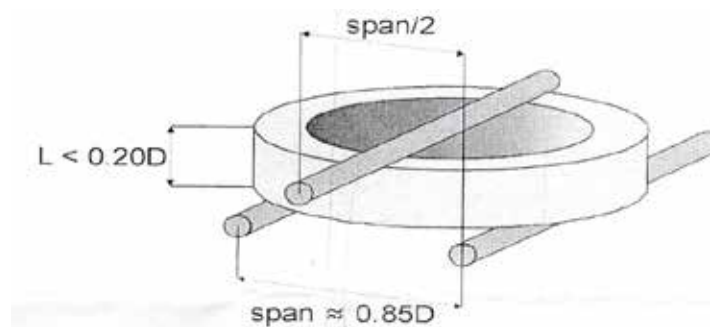
L : Jarak sangga (mm)

$\Delta Y$  : Defleksi pada beban P (mm)

b : Tebal contoh uji (mm)

h : Panjang contoh uji (mm)

$P_{max}$  : Beban maksimum (kgf)



**Gambar 1.** Susunan pengujian keteguhan lentur menggunakan metode *flat ring flexure test* pada pengujian *three point loading*

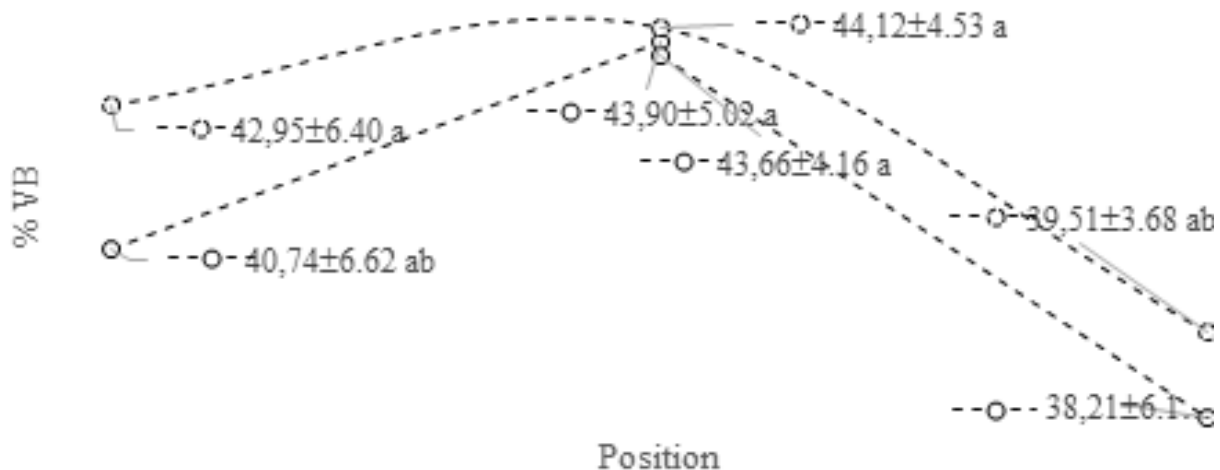
### Analisis Data

Data hasil penelitian diolah dan dianalisis dengan menggunakan aplikasi *Statistica* dan *Microsoft Excel 2010*. Analisis statistik dilakukan menggunakan korelasi dan uji t berpasangan. Korelasi merupakan istilah statistik yang menyatakan hubungan antara dua variable atau lebih (Usman 2006). Dalam penelitian ini variable hasil pengujian *non destructive* dikorelasikan dengan variable pengujian mekanis agar diperoleh variable korelasi paling tinggi. Koefisien korelasi adalah indeks yang digunakan untuk mengukur hubungan antar variabel yang berkisar antara -1 dan +1 (Hasan 2013). Sementara itu, uji t berpasangan dilakukan untuk menganalisis data %VB, kadar air, kerapatan, *linear mass*, dimensi, *eccentricity*, *ovality*, serta MOE dan MOR. Kelas kekuatan dibuat berdasarkan metode regresi dan ISO 22156.

## Hasil dan Pembahasan

### Analisis Anatomi

Hasil analisis anatomi yang dilakukan pada bambu kuning menunjukkan bahwa nilai rata-rata persen *vascular bundle* dari bagian pangkal (posisi 1) menuju bagian tengah (posisi 2) mengalami peningkatan, namun pada bagian tengah menuju bagian ujung (posisi 3) justru mengalami penurunan persen *vascular bundle* seperti yang terlihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Nilai rata-rata %VB bambu kuning pada tiga posisi yang berbeda

Distribusi *vascular bundle* pada bambu kuning semakin menurun dari bagian luar ke bagian dalam, namun ukuran *vascular bundle*-nya semakin besar, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3. Secara umum penyebaran *vascular bundle* memiliki pola yang tidak merata pada tiap bagian penampang melintang (Nuriyatin 2000). Penyebaran *vascular bundle* akan semakin padat ke arah luar namun dengan ukuran yang semakin kecil.



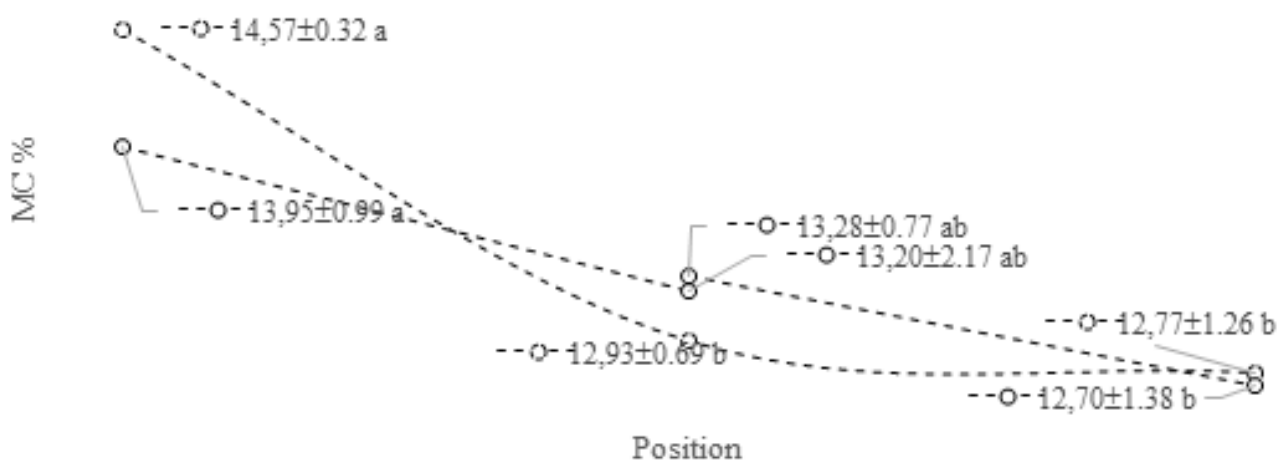
**Gambar 3.** Foto makroskopis penampang melintang bambu kuning.

## Sifat Fisis

### Kadar Air

Hasil pengukuran kadar air menunjukkan bahwa nilai rata-rata kadar air dari bagian pangkal (posisi 1) menuju bagian ujung (posisi 3) mengalami penurunan. Nilai rata-rata kadar air bambu pada ketiga posisi dapat dilihat pada Gambar 4 dimana bagian pangkal memiliki nilai rata-rata kadar air paling tinggi yaitu sebesar 14,57%. Menurut Mateo *et al.* (2015) menyebutkan bahwa bagian pangkal bambu memiliki kadar air yang tinggi karena proporsi parenkim yang besar dan serat dengan kerapatan rendah.

Rendahnya kadar air yang terdapat pada bagian ujung juga dapat dikarenakan dimensi bambu bagian ujung lebih tipis dibandingkan dengan bagian pangkal maupun tengah, sehingga bagian ujung mengalami proses pengeringan yang lebih cepat. Beberapa faktor yang mempengaruhi kadar air bambu adalah spesies, posisi secara vertikal dan horizontal, posisi buku dan ruas, waktu pemanenan, dan umur bambu (Yu 2007).



**Gambar 4.** Nilai rata-rata kadar air bambu pada tiga posisi yang berbeda

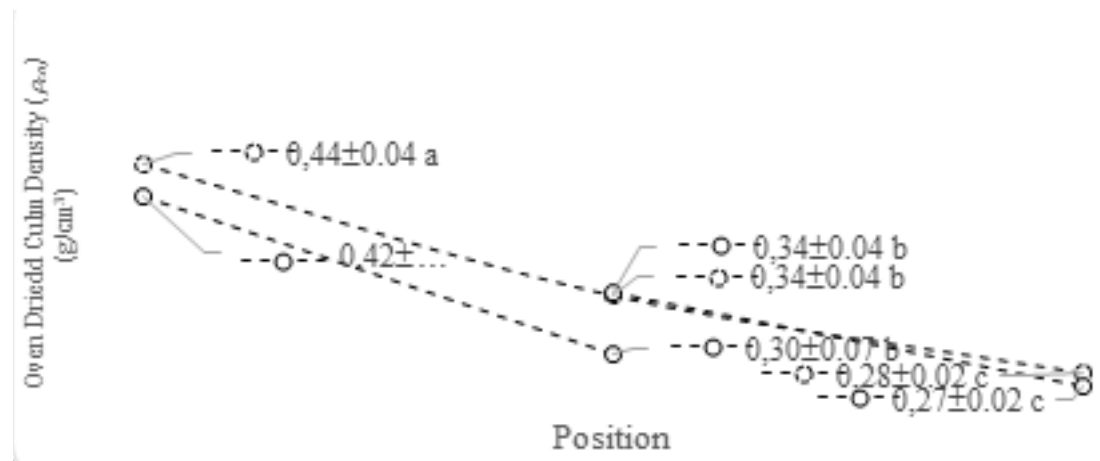
### Kerapatan dan Linear Mass

Terdapat dua kerapatan yang digunakan pada bambu, yaitu kerapatan dinding ( $\rho_w$ ) dan kerapatan buluh ( $\rho_c$ ). Kerapatan dinding digunakan untuk mengetahui kerapatan bambu dimana bambu diasumsikan sebagai silinder berongga, sementara dalam kerapatan buluh, buluh diasumsikan sebagai silinder pejal.

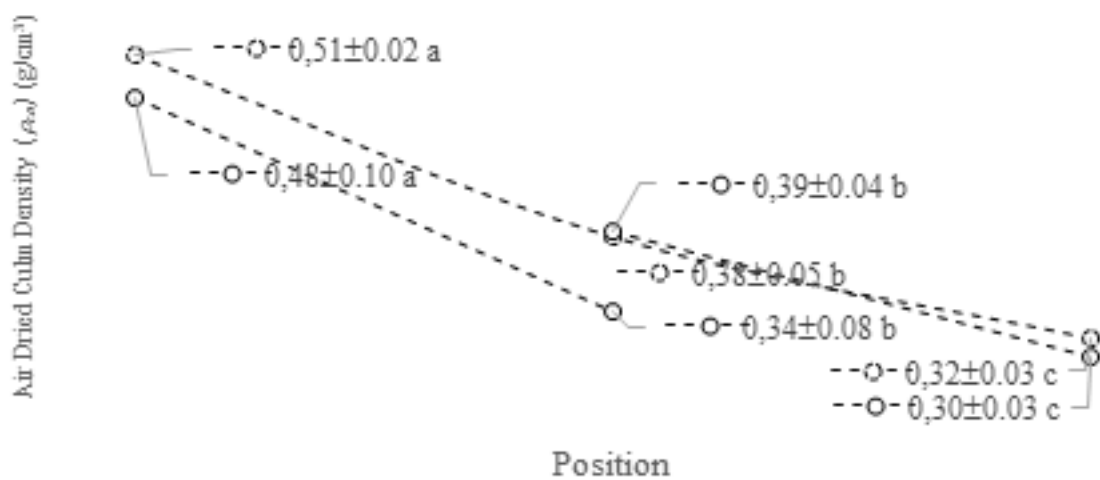
Hasil pengujian kerapatan yang terdapat pada Gambar 5, 6, 7, dan 8 menunjukkan bahwa nilai kerapatan dinding udara ( $\rho_{wa}$ ) memiliki nilai yang paling besar di semua bagian bambu, baik pangkal, tengah, maupun ujung jika dibandingkan dengan ketiga kerapatan yang lainnya.

Nilai kerapatan dinding bambu baik udara maupun oven mengalami kenaikan dari bagian pangkal hingga bagian ujung. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh kandungan silika

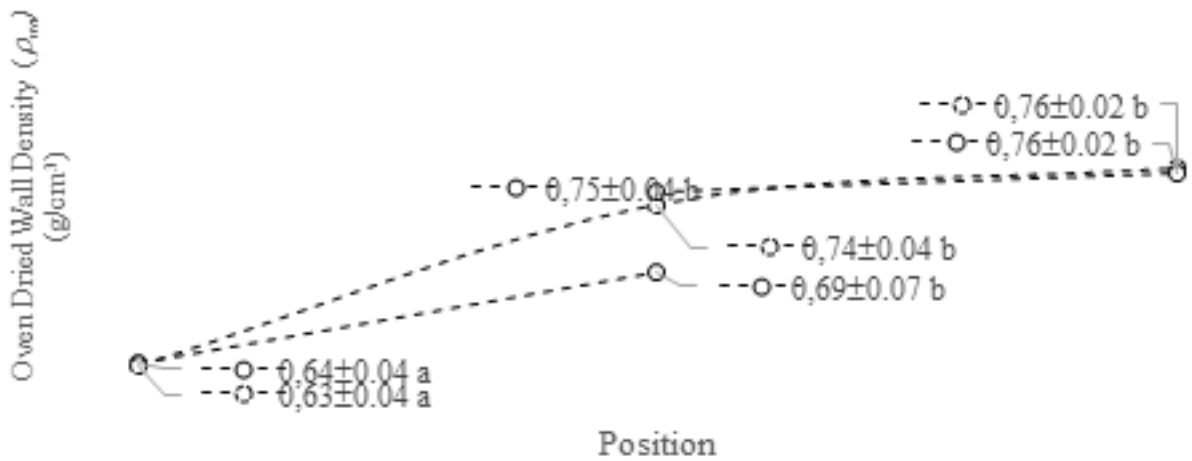
yang meningkat dari permukaan bawah bambu hingga permukaan atas bambu (Espiloy 1987). Diameter bambu bagian ujung yang lebih kecil dibandingkan bagian pangkal dapat mempengaruhi kekuatan lenturnya, namun hal tersebut dapat digantikan dengan kerapatan bagian ujung yang lebih tinggi dibandingkan dengan bagian pangkal (Amada *et al.* 1996). Sementara itu, nilai kerapatan buluh baik udara maupun oven justru mengalami penurunan dari bagian pangkal hingga bagian ujung, padahal bagian ujung memiliki diameter yang semakin kecil dan dimensi yang semakin tipis.



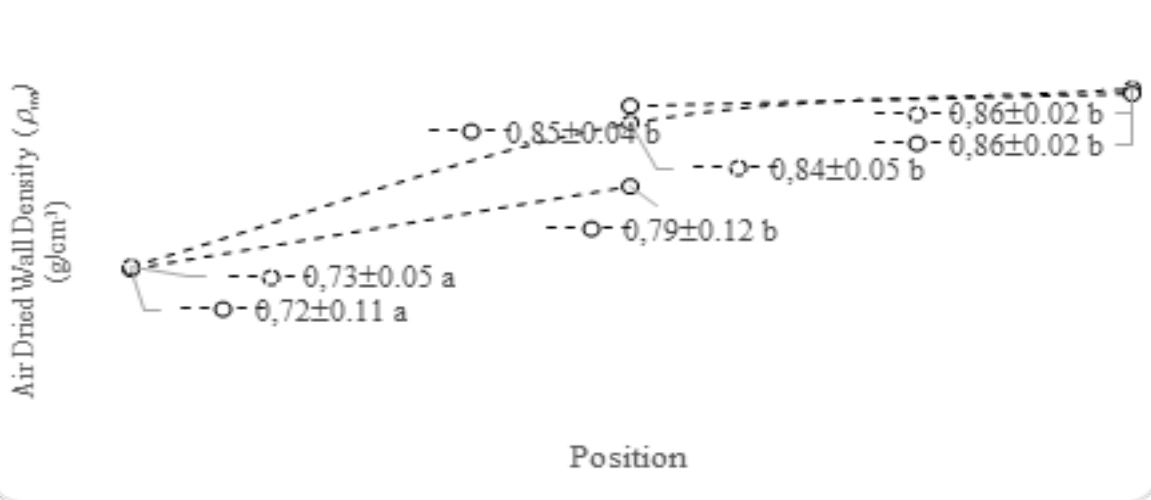
**Gambar 5.** Nilai rata-rata kerapatan buluh oven ( $\rho_{oo}$ ) pada tiga posisi yang berbeda



**Gambar 6.** Nilai rata-rata kerapatan buluh udara ( $\rho_{ao}$ ) pada tiga posisi yang Berbeda

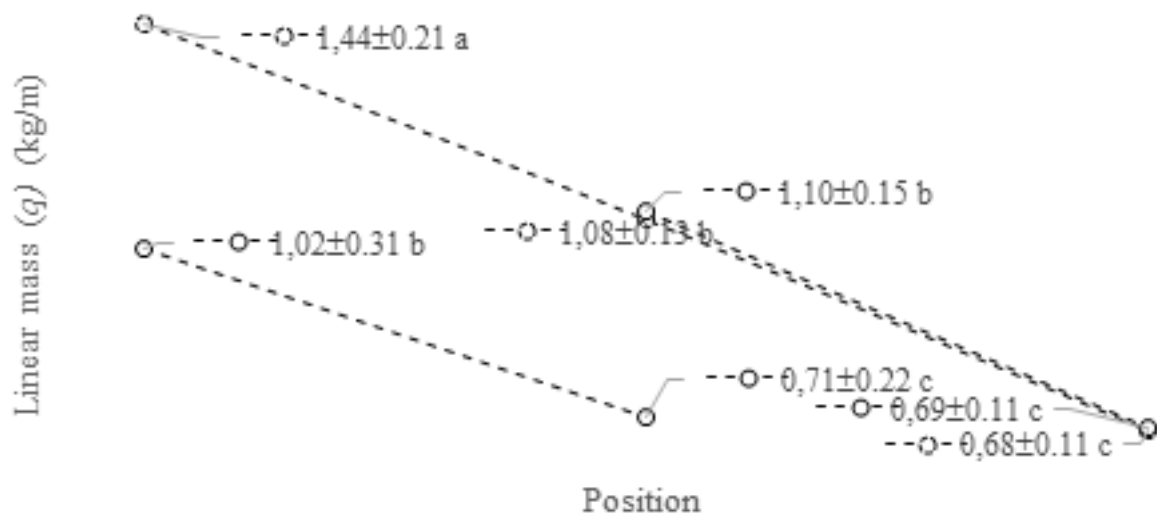


**Gambar 7.** Nilai rata-rata kerapatan dinding oven ( $\rho_{wo}$ ) pada tiga posisi yang berbeda



**Gambar 8.** Nilai rata-rata kerapatan dinding udara ( $\rho_{wa}$ ) pada tiga posisi yang berbeda

*Linear mass* ( $q$ ) dan kerapatan buluh memiliki keterkaitan satu sama lain karena nilai *linear mass* menunjukkan perbandingan massa terhadap panjang buluh. Gambar Nilai rata-rata *linear mass* dari bagian pangkal (posisi 1) hingga bagian ujung (posisi 3) mengalami penurunan. Hal tersebut berbanding lurus dengan nilai kerapatan buluh yang ada.



**Gambar 9.** Nilai rata-rata *linear mass* bambu pada tiga posisi yang berbeda

### Dimensi

Hasil pengukuran dimensi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa nilai rata-rata diameter dari bagian pangkal menuju bagian ujung mengalami penurunan, seperti yang tertera pada tabel 1. Hal tersebut mengakibatkan bentuk bambu semakin meruncing ke arah ujung.

Nadeak (2009), membagi diameter bambu ke dalam empat kategori yaitu 5-6 cm untuk ukuran kecil, 7-9 cm untuk ukuran sedang, 10-12 cm untuk ukuran besar, dan lebih besar dari 12 cm untuk ukuran super. Nilai rata-rata diameter keseluruhan dari ketiga bagian bambu adalah sebesar 52.41 mm atau setara dengan 5.241 cm, hal tersebut menunjukkan bahwa bahan bambu dalam penelitian ini termasuk ke dalam kategori ukuran kecil. Namun demikian, bambu tersebut masih dapat digunakan untuk kepentingan struktural sesuai dengan Klasifikasi Kaminski *et al* (2016), bahwa diameter bambu berukuran 5-20 cm dapat digunakan untuk kepentingan struktural.

**Tabel 1.** Nilai rata-rata diameter dan tebal dinding bambu

	Pangkal	Tengah	Ujung	Keseluruhan
Diameter (mm)	60.13	59.73	52.32	52.41
Ketebalan (mm)	13.67	7.98	5.36	8.05

Tebal dinding bambu adalah nilai jarak antara lingkaran bambu bagian terluar dengan bagian dalam. Nilai rata-rata tebal dinding pada tiga bagian bambu yang tertera di tabel 1 berbanding lurus dengan nilai rata-rata diameter yang ada, yaitu semakin menurun dari bagian pangkal menuju bagian ujung. Tebal dinding bambu yang tidak merata ini menunjukkan bahwa bambu kuning tidak dapat menahan beban secara merata pada semua posisi.

## Pengukuran Geometri

Hasil pengukuran geometri yang tertera pada tabel 3 menunjukkan bahwa nilai rata-rata *eccentricity* dari bagian pangkal menuju bagian tengah mengalami kenaikan yang tidak terlalu besar namun dari bagian tengah menuju bagian ujung justru mengalami penurunan yang sangat jauh. *Eccentricity* yang bernilai 0 memiliki arti bahwa penampang bambu tersebut bulat sempurna, Nilai rata-rata *eccentricity* keseluruhan dari ketiga bagian bambu adalah sebesar 0.23, nilai tersebut menandakan bahwa penampang bambu kuning yang diujikan hampir mendekati bulat sempurna.

**Tabel 2.** Nilai rata-rata geometri bambu

	Pangkal	Tengah	Ujung	Keseluruhan
<i>Eccentricity</i>	0.25	0.26	0.16	0.23
<i>Ovality</i>	0.97	0.96	0.99	0.97

Berbanding terbalik dengan *eccentricity*, nilai rata-rata *ovality* dari bagian pangkal menuju bagian tengah justru mengalami penurunan walaupun tidak begitu besar, kemudian dari bagian tengah menuju ujung nilai rata-rata *ovality* justru mengalami kenaikan. *Ovality* bernilai 1 memiliki arti bahwa penampang bambu berbentuk bulat sempurna. Nilai rata-rata *ovality* keseluruhan dari ketiga bagian bambu adalah sebesar 0.97, nilai tersebut menandakan bahwa penampang bambu kuning yang diujikan hampir mendekati bulat sempurna. Nilai *eccentricity* dan *ovality* memiliki keselarasan dengan nilai yang menandakan bahwa penampang bambu memiliki bentuk hampir mendekati bulat sempurna.

## Sifat Mekanis

### *Kekakuan (Modulus Elastisitas Statis)*

Modulus elastisitas statis (MOEs) adalah nilai sifat kekakuan bambu yang diuji menggunakan UTM. Sifat kekakuan tersebut merupakan ukuran kemampuan suatu benda untuk menahan perubahan bentuk atau benturan yang terjadi akibat adanya pembebanan dan hanya berlaku sampai batas proporsi (Bowyer *et al.* 2003).

Hasil pengujian MOE menunjukkan bahwa nilai MOE dari bagian pangkal menuju bagian ujung semakin meningkat. Hal tersebut karena semakin tinggi posisi batang, maka jumlah ikatan *vascular bundle* semakin menurun, dan kerapatan per satuan luas semakin meningkat sehingga volume rongga udara semakin sempit (Yuliati 2005).

Nilai rata-rata MOE pada bagian ujung memiliki nilai yang paling tinggi yaitu 597.01 Mpa, hal tersebut menunjukkan bahwa nilai MOE makin baik pada bagian ujung bambu. Namun, karena bagian ujung bambu memiliki dimensi yang lebih tipis maka total beban (Pmax) yang dapat diterima menjadi lebih kecil dibanding bagian pangkal maupun bagian tengah, terlihat nilai rata-rata Pmax dari bagian pangkal menuju ujung mengalami penurunan.

**Tabel 3.** Nilai rata-rata MOE, MOR, dan Pmax

	Pangkal	Tengah	Ujung	Keseluruhan
MOE (Mpa)	249.66	365.91	597.01	302.12
MOR (Mpa)	7.75	12.45	13.33	10.57
Pmax (N)	416.20	378.23	259.71	302.86

Keteguhan Patah (Modulus of Rupture)

*Modulus of Rupture* (MOR) adalah parameter kekuatan bahan pada saat menerima beban maksimum yang menyebabkan terjadinya kerusakan pada sampel (Haris 2008). Hasil pengujian MOR menunjukkan bahwa nilai rata-rata MOR dari bagian pangkal menuju bagian ujung mengalami peningkatan, menurut Espiloy (1987) hal ini disebabkan karena nilai kerapatan bambu yang meningkat dari bawah ke atas, sehingga presentase serabut juga meningkat ke bagian atas dan volume total zat dinding sel juga akan meningkat ke arah yang sama. Lebih lanjut Espiloy (1987) menyatakan bahwa kekuatan alami bambu dipengaruhi oleh kandungan silika yang cenderung meningkat dari permukaan bawah bambu sampai permukaan atas bambu.

### Menentukan Prediktor Terbaik untuk Kekuatan dan Kapasitas

Terdapat beberapa variabel yang digunakan untuk memprediksi kekuatan dan kapasitas buluh bambu, yaitu *vascular bundle* (VB), kadar air ( $Mc$ ), kerapatan ( $\rho_w, \rho_c$ ), *linear mass* ( $q$ ), diameter ( $d$ ), tebal ( $b$ ), *eccentricity* ( $Ec$ ), dan *ovality* ( $Ov$ ). Variabel-variabel tersebut merupakan variabel yang diukur tanpa merusak sampel uji yang ada.

Nilai koefisien korelasi antara persen *vascular bundle* dan kekuatan maupun kapasitas bambu kuning terhadap pengujian lentur menunjukkan korelasi yang rendah dan tidak signifikan (Tabel 4). Sementara itu, nilai koefisien korelasi kadar air terhadap kekuatan dan kapasitas bambu kuning dengan pengujian lentur menunjukkan korelasi yang rendah dan tidak signifikan. Hal tersebut serupa dengan penelitian Osorio *et al* (2005) yang menunjukkan bahwa korelasi kadar air dan MOE bambu guadua tidak signifikan.

Kerapatan buluh bambu diukur berdasarkan dua perhitungan yaitu kerapatan dinding ( $\rho_w$ ) dan kerapatan buluh ( $\rho_c$ ). Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai kerapatan dinding baik oven maupun udara serta kerapatan buluh baik oven dan udara memiliki hubungan yang tidak signifikan terhadap MOE, MOR, dan  $P_{max}$ . Hubungan korelasi antara kerapatan dan  $M_{max}$  juga tidak signifikan pada kerapatan buluh, sebaliknya pada kerapatan dinding hubungan  $M_{max}$  justru terlihat signifikan. Korelasi kerapatan dinding terhadap MOE dan MOR memiliki hubungan erat, namun tidak pada kerapatan buluh. Kerapatan buluh justru memiliki hubungan yang kuat terhadap  $P_{max}$  dan  $M_{max}$ . Hasil penelitian yang dilakukan Jangra (2016) menunjukkan bahwa kerapatan dan kekuatan lentur guadua memiliki korelasi yang lemah

**Tabel 4.** Koefisien korelasi antara predictor dengan kekuatan dan kapasitas  
*B. Vulgaris var. Striata*

	MOE	MOR	$P_{max}$	$M_{max}$
%VB	-0.142	-0.128	-0.193	-0.190
$Mc$	-0.197	<b>-0.277</b>	-0.128	-0.121

<i>Pco</i>	0.142	0.179	<b>0.664</b>	<b>0.586</b>
<i>Pca</i>	0.125	0.159	<b>0.654</b>	<b>0.577</b>
<i>Pwo</i>	<b>0.620</b>	<b>0.725</b>	0.089	0.051
<i>Pwa</i>	<b>0.596</b>	<b>0.698</b>	0.068	0.029
<i>B</i>	-0.104	<b>-0.246</b>	<b>0.650</b>	<b>0.676</b>
<i>D</i>	0.134	-0.182	0.182	<b>0.403</b>
<i>D</i> <sup>2</sup>	0.128	-0.183	0.185	<b>0.405</b>
<i>D</i> <sup>3</sup>	0.121	-0.183	0.188	<b>0.406</b>
<i>D</i> <sup>4</sup>	0.114	-0.182	0.190	<b>0.406</b>
$\rho_{woD}$	<b>0.617</b>	<b>0.501</b>	0.196	<b>0.311</b>
$\rho_{woD^2}$	<b>0.477</b>	<b>0.268</b>	<b>0.216</b>	<b>0.391</b>
$\rho_{woD^3}$	<b>0.380</b>	0.141	0.215	<b>0.409</b>
$\rho_{woD^4}$	<b>0.317</b>	0.069	0.212	<b>0.412</b>
$\rho_{waD}$	<b>0.598</b>	<b>0.473</b>	0.182	<b>0.300</b>
$\rho_{waD^2}$	<b>0.458</b>	<b>0.242</b>	0.206	<b>0.385</b>
$\rho_{waD^3}$	<b>0.363</b>	0.119	0.208	<b>0.404</b>
$\rho_{waD^4}$	<b>0.302</b>	0.051	0.206	<b>0.409</b>
<i>Q</i>	0.182	-0.011	<b>0.644</b>	<b>0.741</b>
<i>q/D</i>	0.175	0.072	<b>0.707</b>	<b>0.729</b>
<i>qD</i>	0.167	-0.067	<b>0.558</b>	<b>0.696</b>
<i>qD</i> <sup>2</sup>	0.148	-0.103	<b>0.486</b>	<b>0.645</b>
<i>qD</i> <sup>3</sup>	0.130	-0.127	<b>0.432</b>	<b>0.601</b>
<i>qD</i> <sup>4</sup>	0.113	-0.145	<b>0.391</b>	<b>0.564</b>
<i>Ec</i>	<b>-0.286</b>	<b>-0.317</b>	-0.075	-0.027
<i>Ov</i>	<b>0.271</b>	<b>0.302</b>	0.016	-0.014

Ket: Korelasi signifikan pada  $p < 0.05$  dengan abjad tebal, *VB*: vascular bundle, *Mc*: kadar air, *pc*: kerapatan dinding oven, *pca*: kerapatan dinding udara, *pwo*: kerapatan buluh oven, *pwa*: kerapatan buluh udara, *b*: ketebalan, *D*: diameter, *q*: linear mass, *Ec*: eccentricity, *O*: ovality.

Kerapatan dinding oven (*pwo*) merupakan prediktor terbaik yang dapat digunakan untuk memprediksi kekakuan serta kapasitas maksimum bambu dalam pemilahan. Tabel 4 menunjukkan bahwa *pwo* memiliki korelasi yang paling besar dibanding variabel yang lainnya yaitu sebesar ( $r = 0.620$ ) untuk MOE, dan ( $r = 0.725$ ) untuk MOR, selain itu *pwo* juga memiliki hubungan yang kuat terhadap MOE dan MOR.

Kombinasi antara *linear mass* dengan diameter dapat dijadikan prediktor dalam pemilahan. Tabel 4 menunjukkan bahwa, dibanding variabel yang lain, nilai variabel *q/D* memiliki korelasi yang paling besar serta memiliki hubungan yang kuat terhadap *P max* yaitu sebesar ( $r = 0.707$ ) sehingga variabel *q/D* dapat dijadikan prediktor untuk *P max*. Sementara itu variabel *q* memiliki hubungan kuat dengan *M max*, terlihat koefisien korelasinya merupakan yang paling besar dibandingkan dengan variabel yang lain yaitu sebesar ( $r = 0.741$ ), sehingga *q* dapat dijadikan prediktor untuk memilah *M max*. Tabel 4 menunjukkan koefisien korelasi geometri meliputi *Ec* dan *Ov* memiliki hubungan yang erat namun tidak signifikan terhadap MOR dan MOE, namun sebaliknya terhadap *P max* dan *M max*.

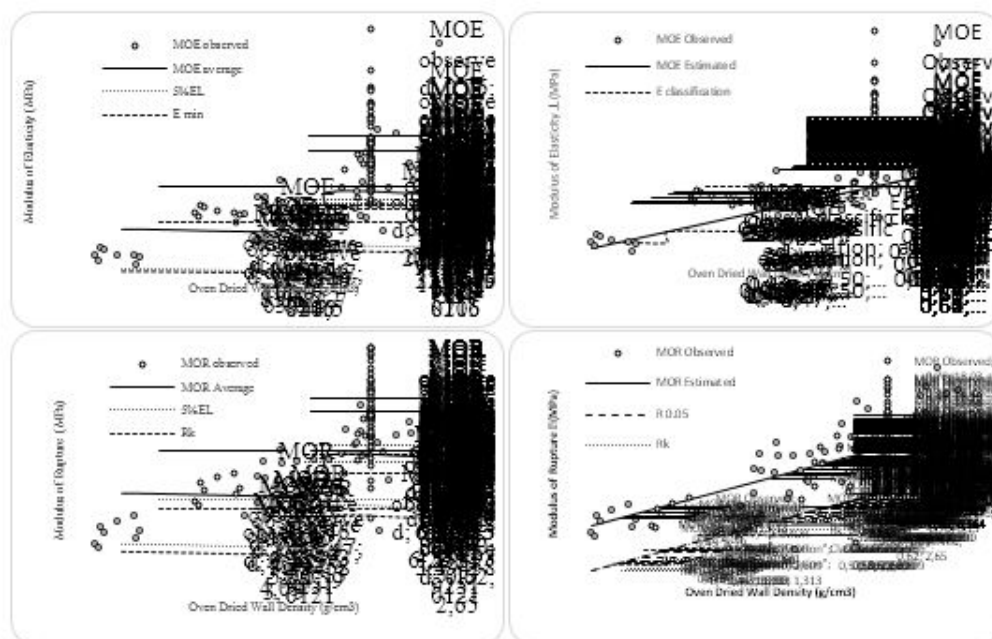
## Metode Pemilahan Potensial

Kerapatan dinding oven ( $\rho_{wo}$ ) merupakan prediktor yang potensial untuk pemilahan buluh bambu karena memiliki korelasi yang kuat terhadap kekakuan dan juga kapasitas maksimum lentur. Namun karena kerapatan dinding udara ( $\rho_{wa}$ ) dirasa lebih praktis dibanding  $\rho_{wo}$ , maka dilakukan pula pemilahan buluh berdasarkan  $\rho_{wa}$ . Sementara itu, variabel  $q/D$  dan  $q$  merupakan prediktor yang potensial untuk pemilahan *P max* dan *M max* karena berkorelasi kuat dengan keduanya secara berturut-turut.

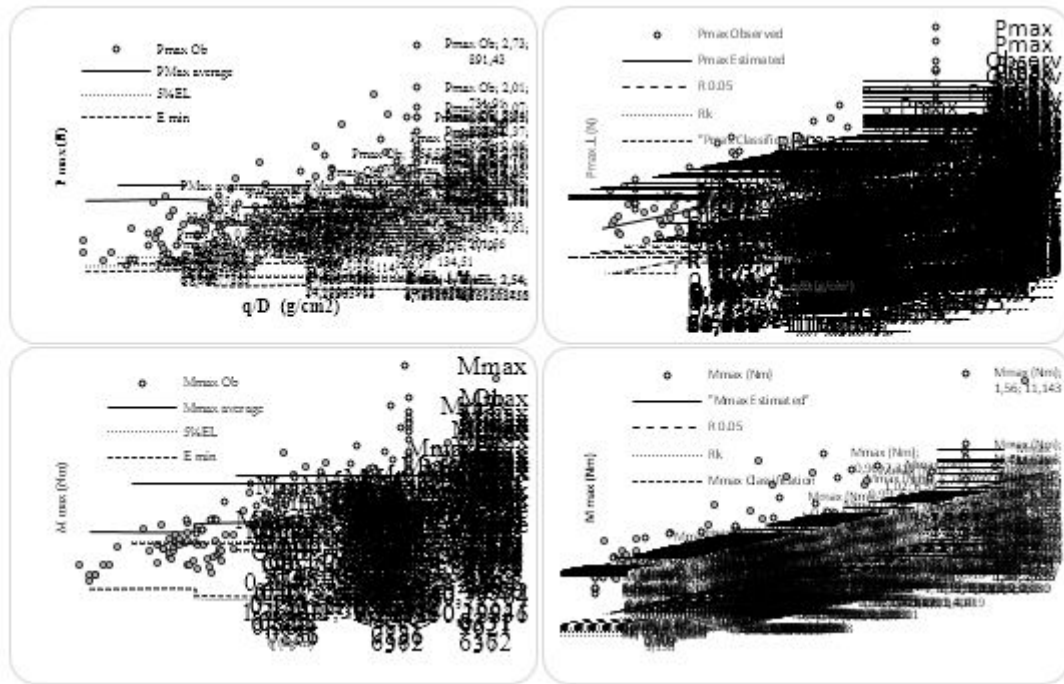
Penelitian ini menggunakan dua metode dalam mengelaskan bambu untuk tujuan struktural yaitu ISO 22156 dan *confident band*. Terdapat minimum 20 sampel yang mengisi masing-masing kelas untuk penerapan metode ISO. Gambar 6, 7, dan 8 (kiri) menunjukkan pemilahan struktural berdasarkan metode ISO 22156 (2004) yang menggunakan nilai rata-rata kerapatan dinding oven dan udara untuk MOE dan MOE, nilai rata-rata  $q/D$  untuk *P max*, dan nilai rata-rata *linear mass* untuk *M max*. Sampel uji yang digunakan pada penelitian bambu kuning ini adalah 82 sampel sehingga dapat dibuat tiga kelas dengan metode ISO 22156 yang di dalamnya terdapat standar deviasi (*SD*), *five percent lower percentile (R0.05)*, dan nilai karakteristik (*Rk*).

Gambar 6, 7, dan 8 (kanan) menunjukkan pemilahan struktur buluh bambu menggunakan metode *confident band* dimana prediktor yang digunakan adalah nilai rata-rata kerapatan dinding oven dan udara untuk MOE dan MOE, nilai rata-rata  $q/D$  untuk *P max*, dan nilai rata-rata *linear mass* untuk *M max*. Terdapat 6-7 kelas kualitas struktur buluh bambu yang dihasilkan dari metode *confident band*. Metode ini didapatkan dengan menggunakan analisis regresi yang kemudian membentuk sabuk kepercayaan 5% terendah (5% lower confident band, *R0.05*).

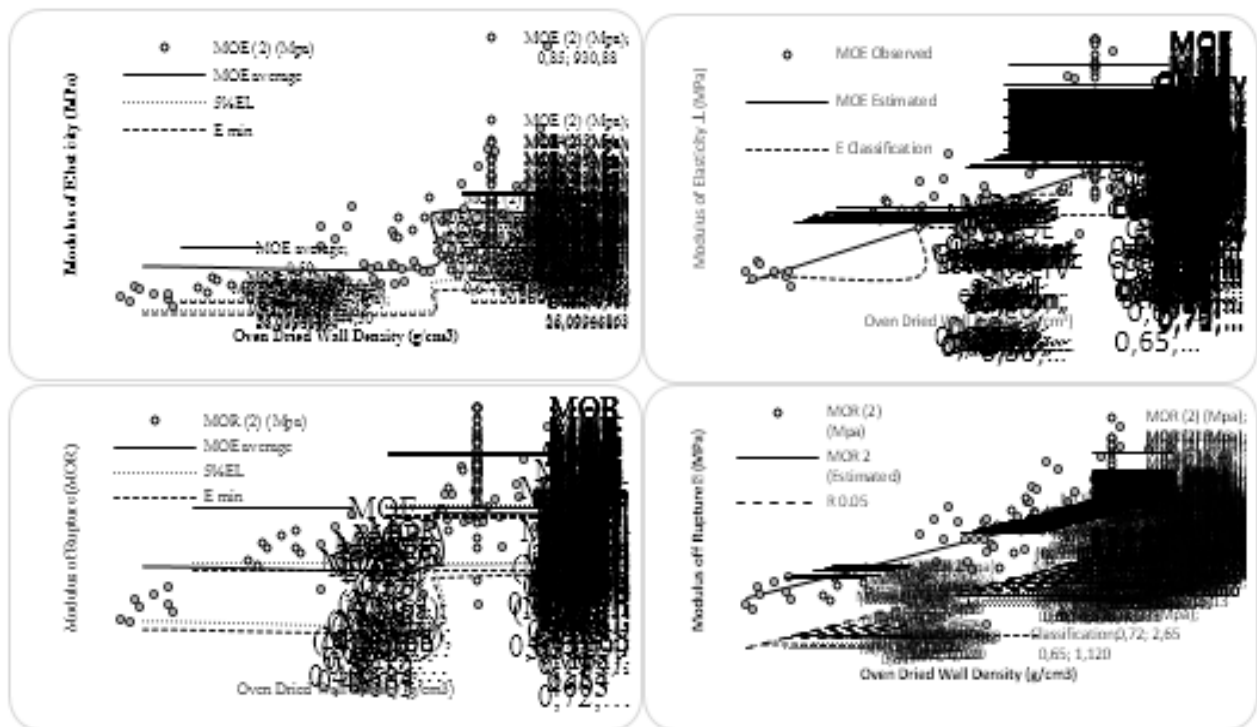
Metode *confident band* ini merupakan metode yang lebih baik jika dibanding dengan metode ISO karena metode *confident band* lebih sederhana dan dapat membuat rentang kelas dengan interval prediktor yang sama.



**Gambar 10.** Nilai MOR dan MOE vs kerapatan dinding oven ( $\rho_{wo}$ ) menurut ISO (kiri) dan *confident band* (kanan)



**Gambar 11.**  $P_{max}$  dan  $M_{max}$  vs linear mass ( $q$ ) menurut ISO (kiri) dan *confident band* (kanan)



**Gambar 12.** MOR dan MOE vs kerapatan dinding udara ( $\rho_{wa}$ ) menurut ISO (kiri) dan *confident band* (kanan)

## Kesimpulan

Bambu kuning (*B. vulgaris*) memiliki karakteristik bentuk semakin meruncing dari bagian pangkal menuju bagian ujung.. Nilai rata-rata MOE pada bagian ujung memiliki nilai yang paling tinggi. Nilai rata-rata MOR mengalami kenaikan dari bagian pangkal menuju ujung, hal ini diduga berhubungan dengan nilai kerapatan yang berbanding lurus. Nilai korelasi menunjukkan bahwa  $\rho_{wo}$ ,  $\rho_{wa}$ ,  $q$ , dan  $q/D$  merupakan prediktor yang potensial untuk pemilahan buluh bambu karena memiliki korelasi yang kuat terhadap sifat mekanis dan juga kapasitas maksimum lentur. Terdapat 6-7 kelas kualitas struktur buluh bambu yang terbentuk dalam penerapan metode *confident band*, metode ini dirasa lebih baik dibandingkan metode ISO karena lebih sederhana dan dapat membuat rentang kelas dengan interval prediktor yang sama. Penelitian pendahuluan menggunakan sampel utuh perlu dilakukan untuk membandingkan hasil yang diperoleh supaya dapat diketahui apakah metode *flat ring flexure test* sudah layak digunakan.

## Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Dr. Ir. Naresworo Nugroho, MS dan Bapak Dr. Effendi Tri Bahtiar, S.Hut, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah mengarahkan dan banyak memberi saran dan terima kasih kepada Mr. Shawn Platt sebagai pembimbing.

## Daftar Pustaka

- Amada S, Munekata T, Nagase Y, Ichikawa Y, Kirigai A, Zhifei Y. 1996. The mechanical structures of bambus in view point of functionally gradient and composite materials. *J. Compos Mater.* 3(7).
- [ASTM] American Society for Testing and Material. 2005. *Annual Book of ASTM Standard*. Section Four: Construction. Volume 0410. Wood. D 198 – 05: Standard Test Methods of Static Tests of Lumber in Structural Sizes. USA.
- Bowyer JL, Shmulsky R, Haygreen JG. 2003. *Forest Products and Wood Science*. 4th ed. Iowa (50014): Iowa State Pr, A Blackwell Publishing Company.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2016. *Statistik Produksi Kehutanan*. Jakarta (ID): Badan Pusat Statistik Indonesia.
- Dransfield S, Widjaja EA (Editors). 1995. *Plant resources of South-East Asia No.7 Bambos*. Backhuys Publishers, Leiden. 189 pp.
- Espiloy ZB. 1987. Physico-mechanical properties and anatomical relationship of some Philippine bambus. In Rao, A.N.; Dhanarajan, G.; Sastry, C.B. ed., *Recent Research on Bambu*. Proceedings of the International Bambu Workshop, Hangzhou, China, 6-14 October 1985. Chinese Academy of Forestry, Beijing, China; International Development Research Center, Ottawa, Canada. Pp. 257-264.
- Haris A. 2008. Pengujian sifat fisis dan mekanis buluh bambu sebagai konstruksi menggunakan ISO 22157-1: 2004 [skripsi] Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

- Hasan I. 2013. *Pokok-Pokok Materi Statistik 1*. Jakarta (ID): Bumi Aksara.
- Jangra S. 2016. Flexural properties as a basis for strength grading of dry round bambu [Thesis]. Coventry (UK): Coventry University
- Kaminski S, Lawrence A, Trujillo D. 2016. Structural use of bambu part 1: Introduction to bambu. *The structural engineer*: 40-43.
- Mateo GG, Isabel BSJ, Maria CA. 2015. Determination of fiber saturation point of bambu *Guadua angustifolia* kunth. 16<sup>th</sup> Nocmat, Winnipeg. 2015 August 10-13. Canada (CA).
- Nadeak MN. 2009. Deskripsi budidaya dan pemanfaatan bambu di Kelurahan Balumbang Jaya (Kecamatan Bogor Barat) dan Desa Rumpin (Kecamatan Rumpin), Kabupaten Bogor, Jawa barat [skripsi]. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.
- Nuriyatin N. 2000. Studi analisa sifat-sifat dasar bambu pada beberapa tujuan penggunaan [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Osorio JA, Ciro HJ, Valez JM. 2005. Effect of physical on geometrical factors of *Guadua angustifolia* kunth. *Dyna* 72(145): 47-44
- Pandit IKN. 2010. Analisis Sifat Dasar Kayu Hasil Hutan Tanaman Rakyat. Proyek Penelitian Strategis Nasional Tahun II Tahun 2010. Lembaga Pengabdian Pada Masyarakat. Institut Pertanian Bogor.
- Usman H. 2006. *Pengantar Statistika*. Jakarta (ID): Bumi Aksara.
- Widjaja EA. 2012. The Utilization of bambu: At present and for future. Proceedings of International Seminar Strategies and Challenges on Bambu and Potential Non Timber Forest Products (NTFP) Management and Utilization. 23 - 24 November 2011, Bogor, Indonesia 79-85. Center for Forest Productivity Improvement Research and Development. Bogor. Indonesia.
- Yu X. 2007. Bambu: Structure and culture [Dissertation]. Cina (CN): Universitas Duisburg-Essen.
- Yuliati L. 2005. Kekuatan lentur dan belah bambu betung (*Dendrocalamus asper* Backer ex Heyne) untuk materi pelataran bagan apung [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

# Pengaruh Pohon Induk dan Posisi Sampel pada Batang Pohon terhadap Beberapa Sifat Fisis Mangium (*Acacia mangium* Willd) Usia 4 Tahun

Karnita Yuniarti

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Bogor

Email: [karnita\\_yuniarti@yahoo.com](mailto:karnita_yuniarti@yahoo.com)

## ABSTRAK

Salah satu teknik pemuliaan pohon Mangium (*Acacia mangium*) untuk memperoleh bibit unggul adalah melalui seleksi pohon induk dari provenans yang sama. Akan tetapi informasi mengenai kualitas kayu Mangium yang dihasilkan melalui strategi ini masih belum diketahui. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh 2 kelompok pohon induk dari provenans Papua New Guinea terhadap beberapa sifat fisis kayu Mangium seperti kadar air awal, berat jenis dan rasio penyusutan tangensial-radial (T/R). Usia tanaman yang diteliti adalah 4 tahun dan metode yang digunakan adalah *British Standard 373-1957*. Rancangan percobaan dengan 2 faktor digunakan untuk menganalisa pengaruh dari faktor pohon induk dan posisi pengambilan sampel dari batang pohon terhadap sifat fisis yang diteliti. Hasil yang diperoleh menunjukkan kelompok pohon induk 1 memiliki kisaran kadar air awal rata-rata 85,84-97,86%; kisaran berat jenis rata-rata 0,42-0,51 g/cm<sup>3</sup> dan kisaran rasio penyusutan T/R rata-rata 2,17-2,27. Di sisi lain, kelompok pohon induk 2 memiliki kisaran kadar air awal rata-rata 109,24-114,42%; kisaran berat jenis rata-rata 0,38-0,48 g/cm<sup>3</sup> dan kisaran ratio penyusutan T/R rata-rata 2,51-3,24. Hasil analisa statistik lebih lanjut menunjukkan faktor pohon induk, posisi sampel pada pohon dan interaksi kedua faktor memiliki pengaruh yang nyata terhadap nilai kadar air awal dan berat jenis. Di sisi lain, nilai rasio penyusutan T/R dari kedua kelompok pohon induk lebih dipengaruhi secara nyata oleh posisi pengambilan sampel pada batang pohon serta interaksinya dengan kelompok pohon induk.

**Kata kunci:** *Acacia mangium*, berat jenis, kadar air awal, pohon induk, rasio T/R

## Pendahuluan

*Acacia mangium* (mangium) adalah tanaman yang tumbuh secara alami di Papua, Irian jaya dan pulau maluku di Indonesia, Papua New Guinea dan di bagian utara Queensland di Australia (Hegde *et al.*, 2013). Jenis ini banyak dipilih untuk dikembangkan dalam program pembangunan hutan tanaman di negara-negara beriklim tropis (Tenorio *et al.*, 2012). Di Indonesia sendiri, pengembangan jenis tanaman ini banyak ditemukan di hutan tanaman di pulau-pulau Kalimantan, Sumatra dan Jawa (Basri & Yuniarti, 2009). Terpilihnya jenis mangium untuk program hutan tanaman terutama dikarenakan kemampuannya untuk tumbuh secara cepat selain mampu beradaptasi pada lahan-lahan marjinal (Krisnawati *et al.*, 2011; Hegde *et al.*, 2013).

Tujuan pemilihan mangium untuk pengembangan program hutan tanaman di Indonesia awalnya adalah untuk memenuhi kebutuhan bahan baku industri pulp dan kertas. Sejak beberapa tahun terakhir, jenis ini juga mulai banyak digunakan untuk keperluan kayu pertukangan, terutama industri mebel di beberapa lokasi di pulau Jawa. Selain memiliki nilai dekoratif yang cukup tinggi, mangium juga memiliki kualitas kayu yang bagus yang membuatnya sesuai untuk

diolah lebih lanjut menjadi mebel, lantai, lemari, vinir, kayu lapis, dsb (Basri & Yuniarti, 2009; Hegde *et al.*, 2013). Kayu mangium memiliki kisaran kerapatan 0,45-0,69g/cm<sup>3</sup> pada kadar air 15%, tekstur kayu halus hingga medium, serat lurus dan/atau sedikit berpadu, dan kayu terasnya memiliki warna coklat medium, keras, kuat dan tahan lama (Krisnawati *et al.*, 2011). Kayu mangium juga lebih tahan terhadap rayap tanah dan rayap kayu kering dibandingkan kayu sengon (Priadi & Pratiwi, 2014). Walaupun demikian, kayu mangium memiliki kelemahan dalam proses pengeringannya karena mudah mengalami cacat-cacat seperti pecah/retak awal di permukaan atau ujung papan, deformasi ringan dan kolaps serta kadar air akhir yang tidak seragam (Basri & Yuniarti, 2009; Tenorio *et al.*, 2012).

Sampai dengan tahun 2010, luasan hutan tanaman mangium di Indonesia tercatat baru sekitar 1,000,000 ha (Kementerian Kehutanan 2010 *dalam* Nirsatmanto *et al.* (2015)). Leksono (2016) mencatat bahwa sebenarnya telah terjadi kegagalan pembangunan hutan tanaman selama kurun waktu 1990-2000 karena luasan hutan tanaman yang terrealisasi hanya sekitar 1,85 juta hektar dari total target 6,2 juta hektar. Kegagalan ini, menurut Leksono (2016) diakibatkan pemilihan spesies yang kurang tepat serta penggunaan bibit/benih yang belum teruji kualitas maupun kesesuaiannya dengan kondisi area penanaman di Indonesia.

Dalam rangka mendukung terealisasinya target pembangunan hutan tanaman di Indonesia, maka perlu dikembangkan strategi untuk memperoleh benih tanaman unggul dan suplai benih berkesinambungan. Hal ini dapat dilakukan dengan menerapkan teknologi pemuliaan tanaman secara konvensional (seleksi pohon plus, kebun bibit unggul, dsb) ataupun yang lebih canggih (seperti teknologi kultur jaringan dan rekayasa genetik) (Nirsatmanto *et al.*, 2015; Haggman *et al.*, 2016; Leksono, 2016).

Salah satu teknik pemuliaan yang dipilih untuk tanaman mangium adalah seleksi tanaman unggul secara berulang (*simple recurrent selection*). Teknik pemuliaan ini mulai dikembangkan tahun 1993 oleh Balai Besar Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Nirsatmanto *et al.*, 2015). Teknik ini dipilih karena selain dapat memanfaatkan informasi yang telah ada saat itu mengenai provenan terbaik juga sesuai dengan keterbatasan yang ada dalam hal sumber daya manusia, fasilitas dan dana pendukung (Leksono, 2016).

Saat ini, teknik seleksi berulang untuk jenis tanaman mangium telah memasuki fase seleksi ke-3 (Nirsatmanto *et al.*, 2015). Pada fase ini, pengaruh pohon induk dari provenans yang sama mulai diperhatikan lebih serius karena menunjukkan perbedaan perilaku tumbuh (Nirsatmanto & Sunarti, 2016, *komunikasi pribadi*). Beberapa hasil penelitian sebelumnya juga ikut mengindikasikan bahwa teknik seleksi pohon unggul secara konvensional ternyata dapat mempengaruhi kualitas kayu yang dihasilkan seperti kerapatan, kandungan selulosa dsb (Montes *et al.*, 2007; Quang *et al.*, 2010).

Walaupun demikian, sampai dengan saat ini belum ditemukan informasi mengenai pengaruh pohon induk dari provenans yang sama terhadap kualitas kayu yang dihasilkan, baik untuk mangium ataupun jenis lainnya. Hal ini yang melatarbelakangi dilaksanakannya kegiatan penelitian ini yang bertujuan untuk menganalisa pengaruh pohon induk yang berbeda terhadap beberapa sifat fisis kayu seperti kadar air, berat jenis dan rasio T/R. Sifat-sifat fisis ini dipilih karena selain merupakan informasi awal yang biasanya dicari pengguna kayu juga akan membantu memahami kelemahan yang terjadi dalam proses pengeringan kayu Mangium

sebagaimana diutarakan sebelumnya. Menurut Basri *et al.* (2009), berat jenis, struktur anatomi dan rasio penyusutan T/R dapat mempengaruhi sifat pengeringan kayu.

## Bahan dan Metode

### Bahan dan Peralatan

Bahan utama yang digunakan untuk penelitian ini dolok kayu *Acacia mangium* hasil tahun tanam 2012. Peralatan yang digunakan antara lain mesin gergaji, oven, kulkas, caliper, penggaris, timbangan dan alat tulis.

### Waktu dan Tempat

Pengambilan pohon contoh dan penelitian sifat fisis kayu dilaksanakan pada bulan November 2016-Januari 2017. Pengambilan pohon contoh dilakukan di area Kawasan Hutan dengan Tujuan Khusus penelitian di Wonogiri, Jawa Tengah yang dikelola oleh Balai Besar Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman Hutan. Penelitian sifat fisis kayu dilakukan di Laboratorium Pengeringan, Puslitbang Hasil Hutan Bogor.

### Prosedur Penelitian

#### *Persiapan sampel dan pengujian sifat fisis kayu*

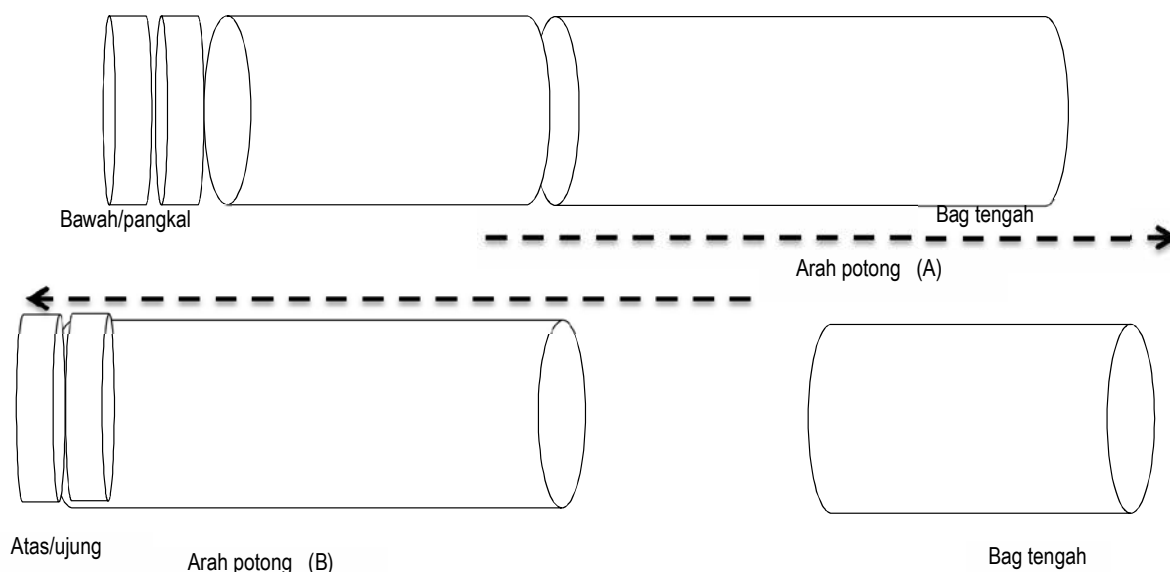
Sebanyak 4 pohon mangium dari setiap kelompok pohon induk diambil secara acak dari 2 blok tanaman (asal provenans Papua New Guinea) dan ditebang pada ketinggian 100 mm dari atas tanah. Setiap pohon kemudian dibagi-bagi menjadi dolok, dari pangkal ke ujung ke pohon, dengan panjang masing-masing adalah 4 m. Dolok yang diperoleh dari bagian pangkal diberi kode I dan dari bagian ujung diberi kode II. Dolok-dolok tersebut kemudian diangkut ke Pusat Litbang Hasil Hutan.

Dari sejumlah dolok yang diperoleh, sebanyak 4 dolok diambil secara acak dari 2 pohon dari setiap kelompok pohon dan mewakili bagian pangkal serta ujungnya. Dolok-dolok terpilih tersebut kemudian dibagi-bagi ke dalam 4 bagian dengan panjang yang berbeda: 50-mm (A), 50-mm (B), 1600-mm (C), dan 2,300-mm (D). Pembagian dimulai dari bagian dengan diameter terbesar untuk dolok pangkal dan dari bagian dengan diameter terkecil untuk dolok ujung (Gambar 1). Hanya bagian B dari setiap dolok yang digunakan untuk penelitian ini. Sisa dolok digunakan untuk kegiatan penelitian lain.

Sifat fisis yang diteliti adalah kadar air awal, berat jenis, penyusutan arah tangensial, dan radial. British Standard 373-1957 digunakan untuk pengujian sifat fisis kayu dengan modifikasi yang dikarenakan keterbatasan ukuran diameter dan jumlah dolok yang digunakan (Basri, 2011). Ukuran sampel yang digunakan mengalami modifikasi menjadi 20 mm (lebar) x 20 mm (panjang) x 20 mm (tebal) dan arah tangensial maupun radial diberi tanda pada masing-masing sampel.

Berat dan dimensi awal sampel ditimbang sebelumnya. Sampel kemudian diletakkan pada suhu ruang dan ditimbang serta diukur perubahan dimensinya secara regular. Pada saat sampel mencapai kering udara (ditandai dengan berat yang relatif konstan), sampel dimasukkan

dalam oven pada suhu 60°C. Setelah sampel mencapai berat relatif konstan, suhu oven dinaikkan hingga 100°C sampai berat sampel kembali konstan. Sampel kemudian dikeluarkan dari oven. Berat dan dimensi akhir sampel kemudian ditimbang kembali.



**Gambar 1.** Arah pembagian pada dolok pangkal (A) dan dolok ujung (B)

#### *Pengumpulan dan analisis data*

Data yang dikumpulkan adalah berat sampel awal dan setelah dioven, dimensi sampel awal dan setelah dioven. Kadar air awal, berat jenis kering oven, penyusutan arah tangensial, radial, dan rasio penyusutan tangensial-radial (T/R) ditentukan menggunakan formula 1-4 berikut. Uji pengaruh faktor pohon induk dan posisi pengambilan sampel pada pohon terhadap kadar air awal, berat jenis dan rasio penyusutan T/R dilakukan menggunakan analisa keragaman (ANOVA).

$$\text{Kadar air awal} = \frac{\text{Berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{Berat akhir}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Berat jenis (kering oven)} = \frac{\text{Berat akhir sampel (oven) (g)}}{\text{Volume awal sampel (cm}^3\text{)}} \quad (2)$$

$$\text{Penyusutan arah tangensial/radial} = \frac{\text{Dimensi awal} - \text{Dimensi akhir (kering oven)}}{\text{Dimensi akhir (kering oven)}} \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{Rasio penyusutan T/R} = \frac{\text{Penyusutan tangensial}}{\text{penyusutan radial}} \quad (4)$$

### **Hasil dan Pembahasan**

Tabel 1 menunjukkan nilai beberapa sifat fisis (kadar air awal, berat jenis, dan rasio penyusutan T/R) untuk mangium dari 2 kelompok pohon induk yang diteliti. Rerata kadar air untuk sampel dari kelompok pohon induk 1, dari kedua bagian (pangkal dan ujung), antara 85,84-97,86%, terlihat lebih rendah dibandingkan dengan sampel dari kelompok pohon induk 2 (109,24-114,42%). Sampel dari bagian pangkal untuk kedua kelompok pohon induk memiliki

rerata kadar air awal yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel yang diambil dari bagian ujung pohon. Hal ini wajar mengingat bagian pangkal lebih dekat posisinya dengan tanah tempat tumbuh sehingga penyerapan air dari dalam tanah diperkirakan akan banyak terjadi di bagian tersebut. Uji statistik lebih lanjut (Lampiran 1) menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang nyata dari faktor pohon induk, posisi pengambilan sampel dari pohon ataupun interaksi keduanya.

**Tabel 1.** Kisaran dan rerata (dicetak *miring*) nilai kadar air awal, berat jenis, penyusutan dan rasio T/R mangium dari 2 kelompok pohon induk asal provenans Papua New Guinea

Pohon induk	Posisi sampel pada pohon	Parameter sifat fisis				
		Kadar air awal (%)	Berat jenis (g/cm <sup>3</sup> )	Penyusutan		Rasio T/R
				Tangensial	Radial	
1	Pangkal	55.21-115.70 (97.86)	0.48-0.54 (0.51)	6.37-9.00 (7.86)	2.16-6.08 (3.65)	1.43-3.53 (2.27)
	Ujung	50.00-111.17 (85.84)	0.33-0.56 (0.42)	4.94-7.45 (6.13)	2.01-4.39 (2.99)	1.59-3.02 (2.17)
2	Pangkal	89.22-130.83 (114.42)	0.37-0.56 (0.48)	5.41-9.03 (7.89)	1.86-4.60 (2.61)	1.41-4.77 (3.24)
	Ujung	55.52-174.39 (109.24)	0.36-0.40 (0.38)	6.08-8.44 (7.28)	3.23-3.63 (2.96)	2.02-2.78 (2.51)

Di sisi lain, hasil yang diperoleh pada Tabel 1 menunjukkan bahwa rerata berat jenis untuk sampel yang diambil dari bagian pangkal maupun ujung dari kelompok pohon induk 1 memiliki kisaran nilai 0,42-0,51 g/cm<sup>3</sup>, lebih tinggi dibandingkan dengan sampel dari kelompok pohon induk 2 (sekitar 0,38-0,48 g/cm<sup>3</sup>). Sampel yang diambil dari bagian pangkal pohon dari kedua kelompok pohon induk tercatat memiliki nilai berat jenis lebih tinggi dibandingkan sampel yang diambil dari bagian ujung pohon.

Kisaran nilai rata-rata berat jenis yang diperoleh dari kedua kelompok pohon induk mangium ini lebih tinggi sedikit dibandingkan dengan nilai berat jenis mangium dari hutan tanaman yang pernah dilaporkan oleh *National Research Council* (1983) dalam Krisnawati *et al.* (2011), yaitu sekitar 0,4 – 0,45 g/cm<sup>3</sup>. Akan tetapi, nilai berat jenis yang diperoleh tetap lebih rendah dibandingkan nilai berat jenis kayu mangium yang berasal dari hutan alam (sekitar 0,6 g/cm<sup>3</sup>) sebagaimana dilaporkan oleh *National Research Council* (1983) dalam Krisnawati *et al.* (2011).

Nilai berat jenis umum digunakan sebagai indikator termudah untuk mengetahui kekuatan suatu jenis kayu. Dalam konteks ini, berdasarkan nilai berat jenis yang diperoleh, dapat diketahui bahwa bagian pangkal kayu mangium dari kedua kelompok pohon induk memiliki kekuatan mekanis yang sedikit lebih tinggi dibandingkan bagian ujung pohonnya. Berdasarkan klasifikasi kelas kuat kayu yang disusun oleh Den Berger (1923) dalam Martawijaya *et al.* (2005), kayu dari bagian pangkal pohon mangium dari 2 kelompok pohon induk termasuk dalam kelas kuat III. Di sisi lain, kayu dari bagian ujung pohon jenis tersebut termasuk dalam kelas kuat IV-III.

Uji statistik lanjutan (Lampiran 2) menunjukkan bahwa nilai berat jenis mangium dipengaruhi oleh faktor kelompok pohon induk, posisi pengambilan sampel pada pohon maupun interaksi keduanya. Sampai dengan saat ini, masih belum ditemukan penjelasan mengapa

faktor pohon induk yang berbeda dari 1 kelompok provenans memiliki pengaruh yang nyata terhadap nilai berat jenis pohon mangium. Informasi yang masih tersedia saat ini adalah studi keragaman berat jenis mangium yang dilakukan oleh Lokmal dan Noor (2010). Studi tersebut menunjukkan bahwa provenans atau asal pohon serta interaksinya dengan tempat tumbuh memiliki pengaruh yang nyata terhadap variasi berat jenis kayu mangium yang dihasilkan

Hasil yang diperoleh juga menunjukkan bahwa rasio penyusutan tangensial-radial (T/R) untuk sampel mangium dari kedua kelompok pohon induk memiliki nilai lebih besar dari 2. Pada umumnya nilai rasio T/R lebih besar dari 2 menunjukkan bahwa jenis kayu tersebut memiliki stabilitas dimensi yang rendah dan mudah mengalami perubahan bentuk. Basri *et al.* (2009) bahkan menambahkan kayu dengan rasio T/R lebih besar dari 2 juga akan lebih mudah mengalami cacat pengeringan (terutama cacat bentuk) lebih banyak dibandingkan kayu dengan rasio T/R seimbang atau kurang dari 2.

Nilai rasio penyusutan T/R untuk sampel mangium dari kelompok pohon induk 1 dari kedua bagian pangkal dan ujung tercatat sekitar 2,17-2,27 atau lebih rendah dibandingkan sampel sejenis dari kelompok pohon induk 2 (sekitar 2,51-3,24). Hasil ini mengindikasikan kayu mangium dari kelompok pohon induk 1 memiliki sifat stabilitas dimensi yang lebih baik dibandingkan kayu sejenis dari kelompok pohon induk 2.

Di sisi lain, hasil yang diperoleh menunjukkan pula bahwa sampel yang berasal dari bagian ujung kedua kelompok pohon induk ternyata memiliki nilai rasio T/R relatif lebih rendah dibandingkan sampel sejenis yang diambil dari bagian pangkal pohon. Hasil yang diperoleh ini dipertegas dengan hasil uji statistik lanjutan (Lampiran 3) yang menunjukkan bahwa nilai rasio penyusutan T/R kayu mangium tidak dipengaruhi oleh faktor kelompok pohon induknya akan tetapi lebih dipengaruhi oleh posisi pengambilan sampel pada batang pohon. Sampai saat ini masih belum ditemukan informasi yang dapat membantu menjelaskan lebih tingginya nilai rasio penyusutan T/R untuk kayu mangium bagian pangkal dibandingkan kayu bagian ujung. Hasil yang diperoleh ini berbeda dengan asumsi sebelumnya bahwa sampel dari bagian ujung pohon yang akan memiliki rasio T/R yang lebih tinggi karena diperkirakan bagian tersebut usianya lebih muda dengan dinding sel yang lebih tipis dibandingkan sampel dari bagian pangkal pohon.

## Kesimpulan

Studi bertujuan untuk mengetahui pengaruh kelompok pohon induk yang berbeda dari provenans yang sama (Papua New Guinea) dan posisi sampel pada pohon (pangkal/ujung) terhadap beberapa sifat fisis kayu mangium usia 4 tahun. Hasil yang diperoleh menunjukkan kelompok pohon induk 1 memiliki kisaran kadar air awal rata-rata 85,84-97,86%; kisaran berat jenis rata-rata 0,42-0,51 g/cm<sup>3</sup> dan kisaran rasio penyusutan T/R rata-rata 2,17-2,27. Di sisi lain, kelompok pohon induk 2 memiliki kisaran kadar air awal rata-rata 109,24-114,42%; kisaran berat jenis rata-rata 0,38-0,48 g/cm<sup>3</sup> dan kisaran ratio penyusutan T/R rata-rata 2,51-3,24. Uji statistik lanjutan menunjukkan bahwa faktor kelompok pohon induk dan posisi sampel pada pohon maupun interaksi keduanya memiliki pengaruh yang nyata terhadap nilai kadar air awal dan berat jenis kayu mangium, tetapi tidak terhadap nilai rasio penyusutan T/R. Parameter terakhir ini dipengaruhi sangat nyata oleh faktor posisi sampel pada batang pohon serta interaksinya dengan faktor pohon induk.

## Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada ACIAR selaku sponsor dana untuk penelitian ini melalui skema JAF Returnee Award; Dr Arif Nirsatmanto, Dr Sri Sunarti dan tim dari Balai Besar Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan yang telah membantu mengarahkan dalam pemilihan sampel pohon di lapangan; Puslitbang Hasil Hutan untuk penyediaan fasilitas laboratorium yang diperlukan dalam pelaksanaan penelitian; dan para teknisi (Rahmat, Aftoni, Darta dan Supardiono) yang telah membantu dalam pengumpulan pohon dari lapangan, penyiapan sampel dan pelaksanaan penelitian di laboratorium.

## Daftar Pustaka

- Basri, E. (2011). Kualitas kayu waru gunung (*Hibiscus macrophyllus* Roxb.) pada 3 kelompok umur dan sifat densifikasinya untuk bahan mebel (Thesis). Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
- Basri, E., Saefudin, Rulliyati, S., & Yuniarti, K. (2009). Drying conditions for 11 potential ramin substitutes. *Journal of Tropical Forest Science*, 21(4), 328-335.
- Basri, E., & Yuniarti, K. (2009). *The combination of silviculture and drying techniques resulted in good quality of mangium lumbers*. In: *Proceedings of the The 1st International Symposium of Indonesian Wood Researchers Society* (pp: MAPEKI).
- Haggman, H., Sutela, S., & Fladung, M. (2016). Genetic engineering contribution to forest tree breeding efforts. In: *Biosafety of Forest Transgenic Trees*. Netherland: Springer.
- Hegde, M., Palanisamy, K., & Yi, J.S. (2013). *Acacia mangium* Willd. - A Fast Growing Tree for Tropical Plantation. *Journal of Forest Science*, 29(1), 1-14.
- Krisnawati, H., Kallio, M., & Kanninen, M. (2011). *Acacia mangium Willd: ecology, silviculture and productivity*. Bogor: CIFOR.
- Leksono, B. (2016). *Seleksi Berulang pada Spesies Tanaman Hutan Tropis untuk Kemandirian Benih Unggul*. Bogor: Badan Penelitian, Pengembangan dan Inovasi.
- Lokmal, N., & Noor, A.G.M. (2010). Variation of Specific Gravity in *Acacia mangium*. *Agrobiotech*, 1, 69-78.
- Martawijaya, A., Kartasujana, I., Kadir, K., & Prawira, S.A. (2005). *Atlas Kayu Indonesia* (3rd ed.). Bogor: Center for Forest Products Research and Development.
- Montes, C.S., Beaulieu, J., & Hernández, R.E. (2007). Genetic variation in wood shrinkage and its correlations with tree growth and wood density of *Calycophyllum spruceanum* at an early age in the Peruvian Amazon. *Canadian Journal of Forest Research*, 37(5), 966-976. doi: 10.1139/x06-288
- Nirsatmanto, A., Setyaji, T., Sunarti, S., & Kartikaningtyas, D. (2015). Genetic gain and projected increase in stand volume from two cycles breeding program of *Acacia mangium*. *Indonesian Journal of Forestry Research*, 2(2), 71-79.

- Priadi, T., & Pratiwi, G.A. (2014). Sifat keawetan alami dan pengawetan kayu mangium, manii dan sengon secara rendaman dingin dan rendaman panas dingin. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, 12(2), 118-126.
- Quang, T.H., Kien, N.D., von Arnold, S., Jansson, G., Thinh, H.H., & Clapham, D. (2010). Relationship of wood composition to growth traits of selected open-pollinated families of *Eucalyptus urophylla* from a progeny trial in Vietnam. *New Forests*, 39(3), 301-312. doi: 10.1007/s11056-009-9172-5
- Tenorio, C., Moya, R., & Quesada-Pineda, H.J. (2012). Kiln drying of *Acacia mangium* wood : colour, shrinkage, warp, split and check in dried lumber *Journal of Tropical Forest Science*, 24(1), 125-139.

**Lampiran 1.** Hasil uji ANOVA untuk mengetahui pengaruh faktor pohon induk dan posisi sampel pada pohon terhadap nilai kadar air awal mangium

Sumber Keragaman	DB	JK	KTS	Nilai-F	Nilai-P
Pohon induk	1	591.82	591.822	5.03	0.1107
PosisipadaPohon	1	58.25	58.255	0.49	0.5324
Group*PosisipadaPo- hon	1	27.78	27.776	0.24	0.6604
Galat	3	353.14	117.715		
Total	6	1114.30			

**Lampiran 2.** Hasil uji ANOVA untuk mengetahui pengaruh faktor pohon induk dan posisi sampel pada pohon terhadap nilai berat jenis mangium

Sumber Keragaman	DB	JK	KTS	Nilai-F	Nilai-P
Pohon induk	1	0.0013924	0.0013924	0.74	0.4515
PosisipadaPohon	1	0.0150544	0.0150544	8.05	0.0657
Group*PosisipadaPohon	1	0.0002304	0.0002304	0.12	0.7487
Galat	3	0.0056070	0.0018690		
Total	6	0.0209729			

**Lampiran 3.** Hasil uji ANOVA untuk mengetahui pengaruh faktor pohon induk dan posisi sampel pada pohon terhadap nilai rasio T/R mangium

Sumber Keragaman	DB	JK	KTS	Nilai-F	Nilai-P
Pohon induk	1	0.77953	0.779526	15.42	0.0294
PosisipadaPohon	1	0.24398	0.243984	4.83	0.1155
Group*PosisipadaPohon	1	0.14256	0.142564	2.82	0.1917
Galat	3	0.15168	0.050558		
Total	6	1.60924			

# Fosil Kayu *Dryobalanoxylon* sp. pada Formasi Genteng di Kabupaten Lebak, Provinsi Banten, Indonesia

Hanny Oktariani<sup>1,2</sup>, Winantris<sup>2</sup>, & Lili Fauzielly<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Museum Geologi Bandung, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Bandung

<sup>2</sup>Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Bandung

Email: Hannyoktariani@gmail.com

## ABSTRAK

Ditemukan fosil kayu di Desa Sindangsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis fosil kayu, perkiraan umurnya berdasarkan lapisan batuan tempat terdapatnya fosil kayu dan komposisi mineral fosil kayu. Untuk mengetahui jenis fosil kayu dilakukan pengamatan anatomi dengan cara membuat preparat dari 3 bidang yaitu lintang, radial dan tangensial. Pembuatan preparat fosil kayu sama seperti pembuatan preparat sayatan tipis pada batuan. Perkiraan umur diketahui dari litologi batuan pada lokasi temuan. Komposisi mineral diperoleh dengan analisis difraksi sinar X (*XRD*). Hasil pengamatan anatomi pada fosil tersebut menunjukkan ciri: sel pembuluh baur, hampir seluruhnya soliter, dengan frekuensi pembuluh 4 - 8 per mm<sup>2</sup>, terdapat tilosis, lebar jari-jari 4-10 sel, terdapat sel seludang, saluran interseluler aksial dalam baris tangensial panjang dengan ukuran lebih kecil dari pembuluh. Ciri tersebut memiliki kesamaan dengan Famili Dipterocarpacea, Genus *Dryobalanoxylon*. Fosil kayu terawetkan pada batuan tuf, formasi Genteng yang berumur Pliosen Awal dengan lingkungan pengendapan terestrial. Komposisi mineral fosil kayu adalah kuarsa.

**Kata kunci:** Dipterocarpacea, kuarsa, Pliosen awal, tuf

## Pendahuluan

Fosil kayu merupakan salah satu fenomena geologi yang banyak ditemukan di Indonesia. Keberadaannya terus dicari dan digali tanpa dikaji dan dipelajari, informasi yang terkandung di dalamnya. Fosil kayu hanya digunakan sebagai hiasan, padahal fosil kayu menyimpan banyak informasi mengenai masa lampau yang dapat memberikan gambaran evolusi lingkungan (Willis & Mc Elwan 2002), paleogeografi juga paleoklimat (Bande & Prakash 1986; Wiemann et al. 1998; Mehrota 1999; Tiwari et al. 2012; Shukla et al. 2013; Yang et al. 2013; Srivastava et al. 2014; Linch et al. 2015). Menurut Mandang dan Martono (1996), fosil kayu sejak kurang lebih 20 tahun lalu sudah diperjualbelikan di daerah barat pulau Jawa. Hasil pengamatannya menunjukkan bahwa fosil kayu didominasi oleh Famili Dipterocarpacea, yang terdiri dari Genus: *Anisopteroxylon*, *Dipterocarpoxyton*, *Dryobalanoxylon*, *Hopeoxylon*, *Shoreoxylon*, *Parashoreoxylon*, *Cotylelobioxylon*, dan *Vaticoxylon*. Banten merupakan salah satu lokasi di Jawa Barat yang dikenal banyak ditemukan fosil kayu. Andianto et al. (2015) melakukan penelitian fosil kayu di kecamatan Jasinga dan Curug bitung, hasil pengamatan menunjukkan bahwa fosil kayu merupakan *Shoreoxylon* sp. dan *Dryobalanoxylon* sp.

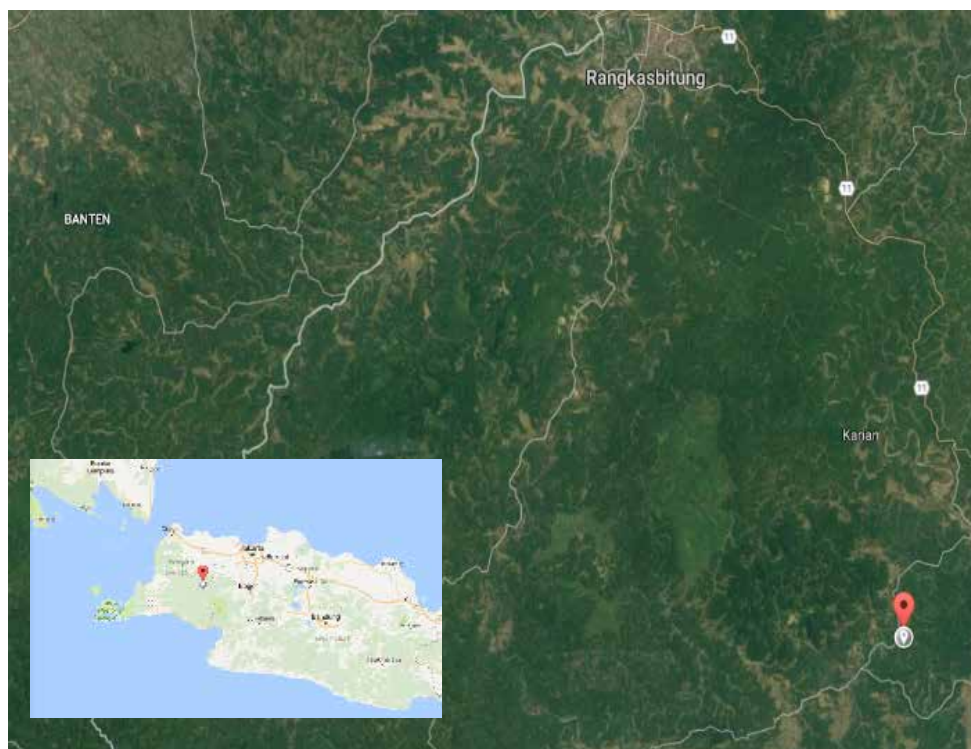
Penelitian fosil kayu baru sebatas pengamatan anatomi untuk mengetahui jenisnya, belum terintegrasi dengan lapisan terdapatnya fosil kayu tersebut dan komposisi mineral didalamnya. Ansori (2010) menyatakan bahwa fosil kayu di Kabupaten Lebak ditemukan pada

Formasi Genteng. Pada penelitian ini selain mengidentifikasi jenis fosil kayu yang ditemukan di desa Sindangsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten juga ditelusuri lapisan terdapatnya fosil kayu serta kandungan mineral dari fosil tersebut.

## Bahan dan Metode

### Bahan

Fosil kayu ditemukan di Desa Sindangsari Kecamatan Sajira Kabupaten Lebak pada koordinat S 6° 31' 23.9" E 106° 19' 50.6" (Gambar 1). Potongan fosil kayu dengan ukuran panjang ± 6 cm dan diameter 2 – 3,5 cm diambil sebagai contoh dan bahan untuk pembuatan sayatan tipis preprat fosil kayu. Sisa dari potongan contoh tersimpan di *storage* Museum Geologi Bandung, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral dengan nomor katalog MGB 00033170.



**Gambar 1.** Lokasi temuan fosil kayu

### Metode

Untuk pengamatan jenis kayu, mengikuti metode identifikasi kayu resen (Wheeler et al. 1989; Wheeler 2011). Pembuatan preparat fosil kayu diambil dari 3 (tiga) bidang yaitu melintang, radial dan tangensial. Metode pembuatan preparat fosil kayu, mengikuti pembuatan sayatan tipis pada batuan seperti terlihat pada Gambar 2 (Andianto et al. 2014). Pembuatan sayatan tipis dilakukan di laboratorium petrologi Museum Geologi Bandung, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.



**Gambar 2.** Sayatan tipis pada batuan

**Tabel 1.** Perbandingan antara fosil kayu MGB 00033170 dengan *Dryobalanops*

Ciri anatomi Anatomi	<i>Dryobalanops</i> Gaertner f. (Mandang & Kagemori 2004)			<i>Dryobalanoxylon</i> sp. MGB 00033170
	Desch 1941	Chu 1974	Ilic 1994	
Kayu				
Pori tata baur	+	+	+	+
Batas lingkaran tum- buh	+	.	-	?
Pembuluh				
Hampir seluruhnya soliter	+	+	+	+
Diameter tangensial ( $\mu\text{m}$ )	182 (D.a) 181 (D.o)	180 - 232	130 - 3240 (160 - 220)	150 - 294 $\bar{a} = 219,786 \pm 29,484$
Frekuensi / mm <sup>2</sup>	8.9 (D.a) 7.7 (D.o)	.	5 (8-12) 17 5 (D.f) 17 (D.r)	4 - 8 $\bar{a} = 5,6 \pm 1,288$
Panjang ( $\mu\text{m}$ )	.	.	.	905, 44 - 5465,890 $\bar{a} = 2511,521 \pm 1250,99$
Tyloses	+	+	+	+
Tracheid vascicen- trik	+	+	+	+
Parenkim				
Baur	+	+	+	+
Vascisentrik seba- gian	+	+	+	+
Aliform	?	+	?	+
Confluen	.	(+)	.	?
Sepihak	+	+	+	+
Jari-jari				
Heteroseluler	+	+	+	+
Sel marjinal	.	1-3	1-3	1-3
Sel seludang	.	(+)	(+)	+
Lebar, seri	.	1-6	1-3-6	1-3 (4 - 8)
Panjang ( $\mu\text{m}$ )	.	< 2000	up to 1000	95, 55 - 2267, 090 $\bar{a} = 909,467 \pm 359,025$
Saluran aksial				
Baur	.	.	.	
Deret tangensial panjang	+	+	+	+
Diameter ( $\mu\text{m}$ )	< pori	< pori	40-70	49 - 217

				$\bar{a} = 111,935 \pm 32,650$
Inklusi mineral				
Silika dalam sel jari-jari	+	+	+	?
Silika dalam parenkim	.	.	D.b dan D.o	?
Kristal dalam parenkim	+ (D.o)	(+) D.f dan D.r	(+) D.k., D.l., D.o., D.r	+
Keterangan : D.a = <i>Dryobalanops aromatica</i> ; D.b = <i>D. beccarii</i> ; D.f = <i>D. fusca</i> ; D.k = <i>D. keithii</i> ; D.l = <i>D. lanceolata</i> ; D.o = <i>D. oblongifolia</i> ; D.r = <i>D. rappa</i> ; $\bar{a}$ = rata-rata; + = ada; - = tidak ada; (+) = kadang-kadang; . = data tidak ada; < = lebih kecil)				

Penamaan jenis fosil dilakukan dengan membubuhkan akhiran *xylon* pada setiap genus yang teridentifikasi, kecuali genus tertentu seperti *Xanthopyllum* (Gregory et al. 2009).

Untuk mengetahui komposisi mineral fosil kayu, dilakukan analisa difraksi sinar X (XRD) di Laboratorium Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.

### Hasil dan Pembahasan

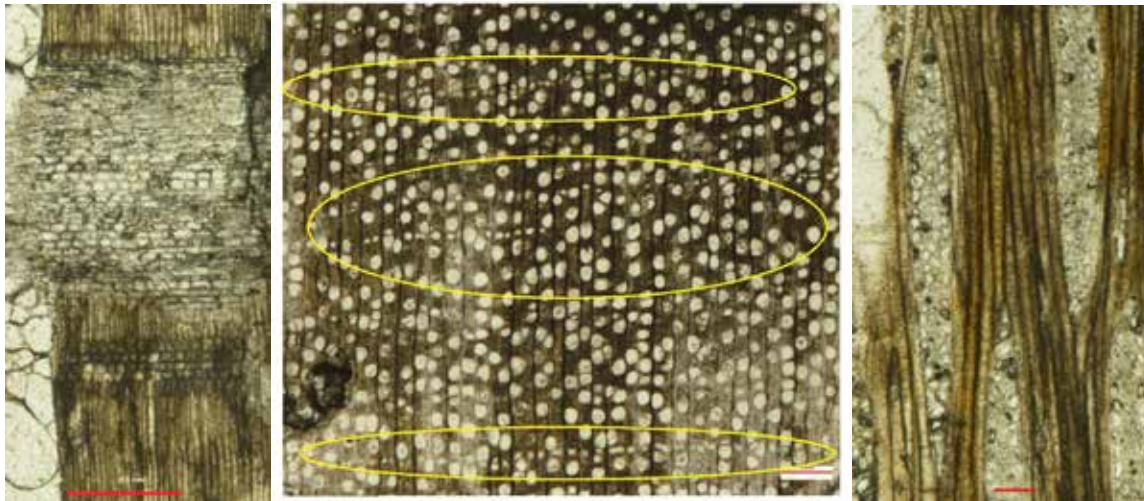
Fosil kayu ditemukan tersebar pada kedalaman 80 - 150 cm dari permukaan tanah. Fosil kayu terpotong menjadi beberapa bagian dengan panjang berkisar antara 50 - 120 cm dan diameter 30 - 40 cm seperti terlihat pada Gambar 3. Di antara fosil batang, ditemukan juga bagian akar dari kayunya. Fosil kayu terkerosikan secara menyeluruh, pada beberapa bagian (terutama bagian tengah dari fosil) cenderung berwarna lebih gelap dibanding luarnya.



**Gambar 3.** Fosil kayu ditemukan dalam kedalaman 80 - 150 cm

Ciri yang teramati pada preparat fosil kayu adalah: pori (pembuluh) tata baur, hampir seluruhnya soliter, diameter tangensial 150 - 294  $\mu\text{m}$ ; rata-rata 219,786  $\pm$  29,484; panjang pembuluh 905,44 - 5465,890  $\mu\text{m}$ ; rata-rata 2511,521  $\pm$  1250,99; lebar pembuluh radial 174,230 - 347,590  $\mu\text{m}$ ; rata-rata 238,746  $\pm$  43,586; frekuensi pembuluh 4 - 8 per  $\text{mm}^2$ , rata-rata 6,6  $\pm$  1,288; bidang perforasi sederhana, tilosis umum. Trakeid vasisentrik ada. Parenkim apotrakea dan paratrakea, sepihak, berbentuk selubung, aliform bersayap, terkadang dalam

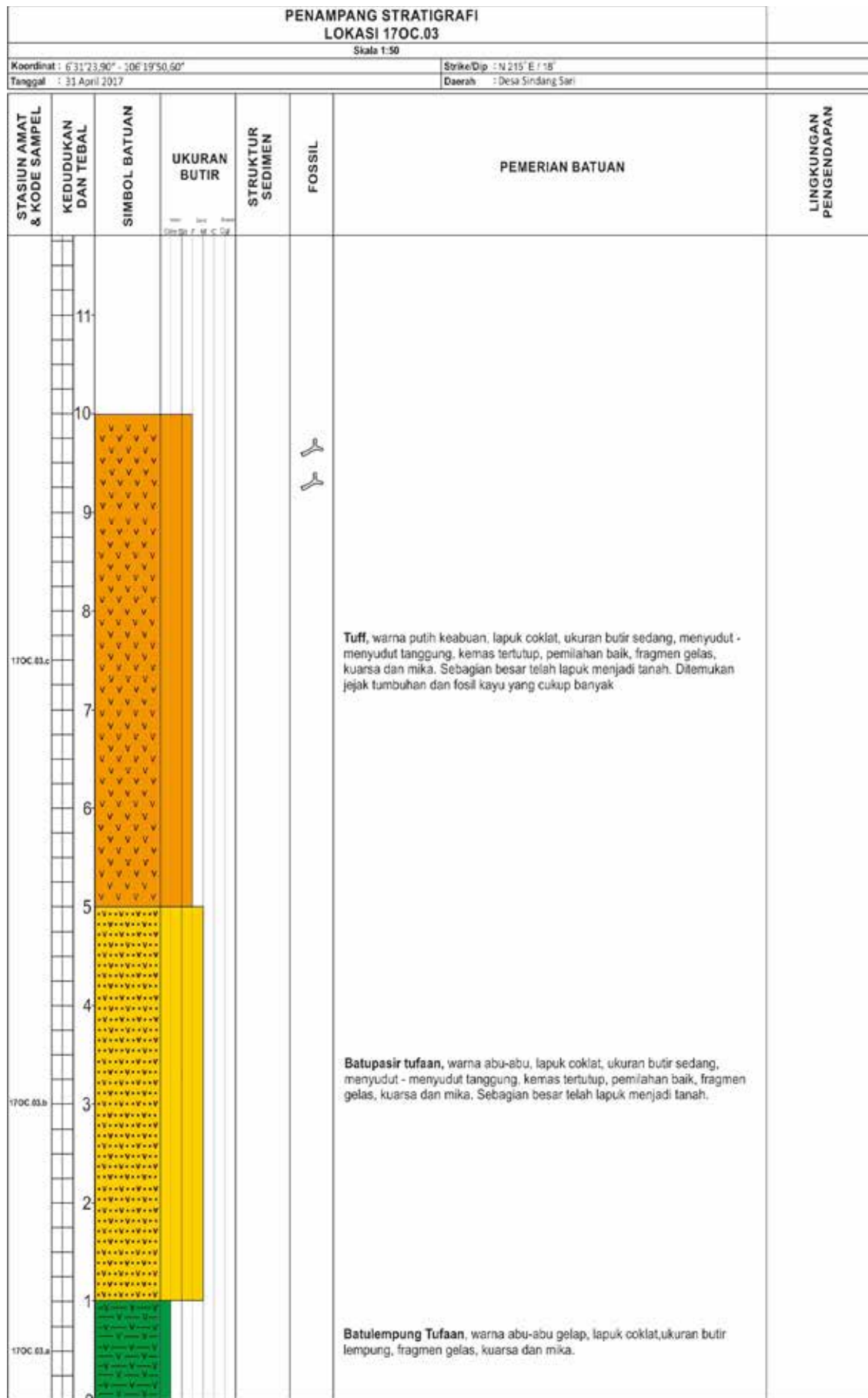
pita tipis. Jari-jari heteroseluler, jari-jari besar umumnya 4-10 seri, panjang jari-jari 95,550 – 2267,090  $\mu\text{m}$ ; rata-rata  $909,467 \pm 359,025$ . Sel Seludang. Saluran interseluler aksial dalam baris tangensial panjang, dengan ukuran lebih kecil dari pori 49,0 – 217,0  $\mu\text{m}$ ; rata-rata  $111,935 \pm 32,650$ . Kristal prisma dalam parenkim tak berbilik. Ciri anatomi tersebut menunjukkan persamaan dengan genus *Dryobalanops* anggota Famili Dipterocarpaceae (tabel 1) yang saat ini masih hidup (Ogata et al. 1998; Wheeler 2011). Ciri-ciri anatomi tersebut dapat di lihat pada Gambar 4.



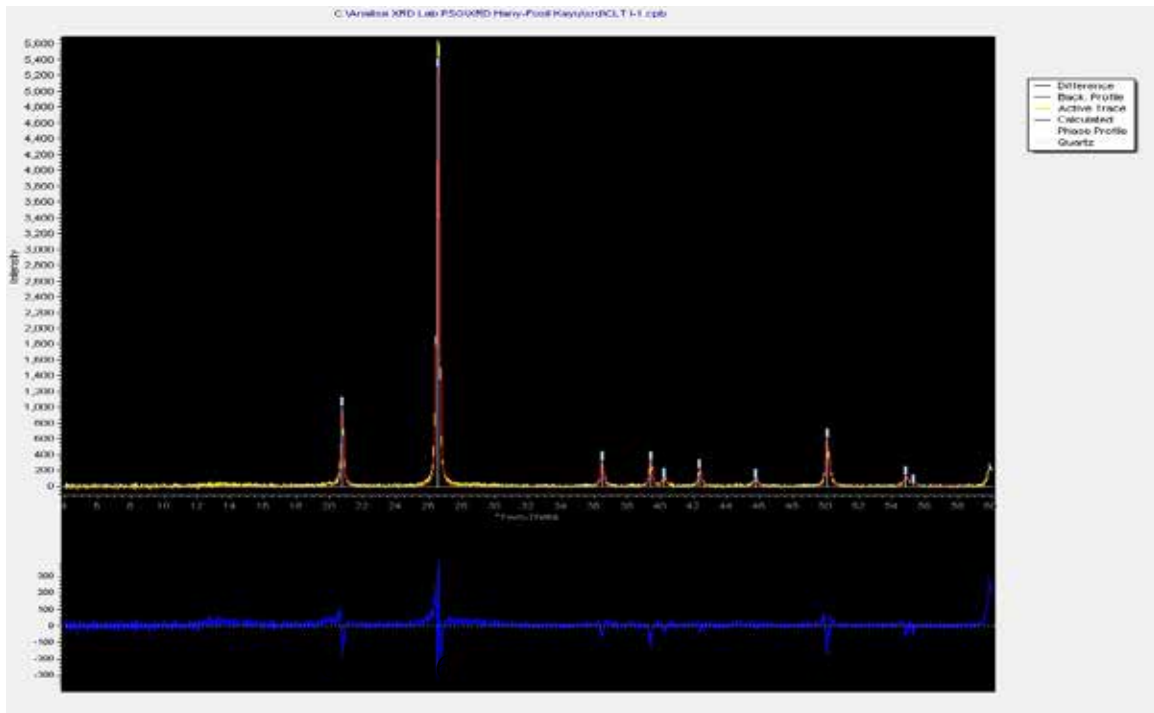
**Gambar 4.** A. Penampang lintang menunjukkan Pembuluh tata baur hampir seluruhnya soliter, Saluran interseluler aksial dalam baris tangensial panjang dengan ukuran lebih kecil dari pembuluh. B. Penampang tangensial : menunjukkan jari-jari besar 4-10 seri. C. Penampang radial : menunjukkan jari-jari heteroseluler.

Temuan fosil kayu *Dryobalanoxylon* di Indonesia sudah banyak dilaporkan (Schweitzer 1958; Mandang & Martono 1996; Srivastava & Kagemori 2001; Mandang & Kagemori 2004; Andianto et al. 2015). Frekuensi pembuluh 4-8 per  $\text{mm}^2$  mendekati ciri *D. sumatrense* yang ditemukan di Jambi dan *D. lunaris* yang ditemukan di Leuwidulang Banten. Diameter tangensial pembuluh *Dryobalanoxylon* sp. 160 – 240  $\mu\text{m}$ , ini memiliki kedekatan dengan *D. neglectum* yang ditemukan di Jambi dan Bogor. Sedangkan diameter saluran aksial 60 – 170  $\mu\text{m}$  mendekati ciri *D. mirabile* dan *D. sumatrense* yang ditemukan di Jambi (Schweitzer 1958 dalam Mandang dan Kagemori 2004). Dari hasil pengamatan beberapa ciri mendekati *D. sumatrense* namun ciri yang lain mendekati jenis yang lain sehingga perlu dilakukan pengamatan pada parameter yang lain untuk memastikan bahwa fosil merupakan *D. sumatrense*.

Lokasi penemuan fosil kayu termasuk pada peta geologi lembar Leuwidamar (Sujatmika & Santosa 1992). Fosil kayu ditemukan pada lapukan tanah dekat permukaan. Sekitar 5 meter ke arah selatan dari lokasi penemuan terdapat sungai kecil di dasar tebing. Litologi batuan lokasi temuan tersusun dalam gambar 5. Dari sungai tersebut diketahui bahwa fosil kayu terdapat dalam lapukan tuf. Tuf merupakan batuan piroklastik. Hasil analisa XRD fosil kayu menunjukkan bahwa komposisi mineralnya adalah kuarsa (Gambar 6). Kuarsa yang masuk ke dalam fosil kayu diperkirakan berasal dari tuf, lapisan tempat terdapatnya fosil kayu. Tuf merupakan material hasil erupsi gunungapi yang kaya akan silika. Goetze et al (2008) menyatakan bahwa sifat fisik kayu bisa ditingkatkan hampir 100 % dengan silika koloid dan tetraethoxysilane (TEOS).



Gambar 5. Penampang stratigrafi di sekitar lokasi temuan



**Gambar 6.** Hasil analisa XRD fosil kayu

Penelitian terhadap fosil kayu di Indonesia harus terus berkelanjutan. Agar informasi yang ada di dalamnya dapat dikaji dan dimanfaatkan. Kekerasan yang dimiliki oleh fosil kayu diharapkan dapat dijadikan salah satu acuan untuk meningkatkan kekerasan (sifat fisik) pada kayu saat ini dengan proses fosilisasi buatan.

### Kesimpulan

Fosil kayu yang ditemukan di Desa Sindangsari Kecamatan Sajira Kabupaten Lebak merupakan *Dryobalanoxylon* sp. Batuan tuf tempat terendapkannya fosil kayu termasuk ke dalam Formasi Gentang dengan perkiraan umur Pliosen Awal (5,3 juta tahun). Hal ini menunjukkan bahwa *Dryobalanoxylon* sudah lama punah di Pulau Jawa. Fosil kayu terdiri dari mineral kuarsa dengan perkiraan kekerasan 7 skala Mosh.

### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada seluruh jajaran Museum Geologi Bandung, Badan Geologi, KESDM untuk dukungan moril dan materi; Prof. Dr. Fahroel Aziz; Iwan Kurniawan S.T; Dr. Erick Setiabudi S.T., M.Sc; Ruly Setiawan S.T., M.Sc; Amir Hamzah, S.T., M.T; Niken Puspaningtyas Amd; Dr. Ratih Damayanti (P3HH, KLH) atas diskusi, masukan dan sarannya.

## Daftar Pustaka

- Andianto, Rulliaty S, Ismanto A, Sudarji U. 2015 Paleobotani (fosil kayu) hutan tropis. Laporan Internal Perjalanan Dinas. Pustekolah, Kemenhut Bogor.
- Andianto, Oktariani H, Mandang Y I. 2014. Fosil kayu *Terminalioxylon* (Combretaceae) dari endapan Pliosen di Cianjur, Jawa Barat Indonesia. Prosiding Seminar Nasional MAPEKI XVII. ISSN : 2407 – 2036.
- Ansori C. 2010. Model mineralisasi pembentukan Opal Banten. Jurnal Geologi Indonesia. **5**(3) : 151 – 170.
- Bande M B, Prakash U. 1986. The tertiary flora of Southeast Asia with remarks on its palaeoenvironment and phytogeography of the Indo-Malayan region. Palaeobotany and Palynology, **49**: 203-233.
- Goetze J, Mockel R, Langhof N, Hengst M, Klinger M. 2008. Silicification of wood in the laboratory. Ceramics – Silikat **52**(4): 268 – 277.
- Gregory M, Poole I, Wheeler E A. 2009. Fossil dicot wood names, an annotated list with full bibliograph. IAWA Journal, Supplement 6.
- Licht A, Boura A, Franceschi DD, Utescher T, Sein C, Jaeger J J. 2015. Late middle Eocene fossil wood of Myanmar : implication for the escape and the climate of the Eocene Bengal Bay. Review of Palaeobotany and Palynology **216**: 44 – 54.
- Mandang Y I, Martono D. 1996. Keanekaragaman fosil kayu di bagian barat Pulau Jawa. Buletin penelitian hasil hutan **14**(5): 192 – 203.
- Mandang Y , Kagemori N. 2004. A fossil wood of Dipterocarpaceae from Pliocene deposit in the west region of Java Island, Indonesia. Biodiversitas, **5** (1), 28-35.
- Mehrota R C, Awasthi N, Dutta S K. 1999. Study of fossil wood from the Upper Tertiary sediments (Siwalik) of Arunachal Pradesh, India and its implication in palaeoecological and phytogeographical interpretations. Elsevier, review of Paleobotany and Palynology **107**: 223 – 247.
- Ogata K, Fujii T, Abe H, Baas P. 2008. Identification of the Timbers of Southeast Asia and the Western Pasific. Kaiseisha Press Japan.
- Schweitzer J.H. 1958. Die Fossilien Dipterocarpaceen-Hölzer. Paleontographica B **104** (1-4): 1-66.
- Shukla A, Mehrota R C, Guleria C S. 2013. African elements (fossil woods) from the upper Cenozoic sediments of western India and their palaeoecological and phytogeographical significance. Alcheringa **37**: 1-18.
- Srivastava R, Kagemori N. 2001. Fossil wood of *Dryobalanops* from Pliocene deposit of Indonesia. Paleobotanist **50**: 395-401.
- Sujatmiko, Santosa S. 1992. Peta Geologi Lembar Leuwidamar. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Tiwari R P, Mehrota R C, Srivastava G, Shukla A. 2012. The vegetation and climate of Neogene petrified wood forest of Mizoram, India. Journal of Asian Earth Science **61**: 143 – 165.

- Wheeler E A, Baas P, Gasson P E. 1989. Iawa List of Microscopic Features for Hardwood Identification, IAWA, Leiden, The Netherlands.
- Wheeler E A. 2011. Inside wood – A web resource for hardwood anatomy. *IAWA Journal* **32** (2) : 199 – 211.
- Wiemann M C, Wheeler E A, Manchester SR. 1998. Dicotyledonous wood anatomical characters as predictors of climate. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* **139** : 83 – 100.
- Willis K J, Mc Elwain J C. 2002. *The Evolution of Plants*. Oxford University Press, New York.
- Yang X J, Wang Y D, Zhang W. 2013. Occurrences of Early Cretaceous fossil woods in China : Implications for paleoclimates. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **385**: 213 – 220.

# Analisis Kuat Tumpu dan Kuat Leleh Lentur Baut pada Tiga Jenis Kayu Indonesia

Sucahyo Sadiyo & Yaniyar

Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 16680

Email: Yaniyar10@gmail.com

## ABSTRAK

Sambungan adalah titik terlemah pada desain konstruksi kayu, yang berperan penting dalam menentukan kinerja struktur kayu, sehingga diperlukan desain konstruksi yang tepat agar penggunaannya aman dan ekonomis. Baut merupakan alat sambung tipe *dowel* yang relatif mudah didapatkan dan mudah dalam pengerjaannya sehingga banyak digunakan dalam konstruksi bangunan di Indonesia. Parameter dalam menentukan kekuatan sambungan yaitu kuat tumpu baut, kuat leleh lentur baut, dan geometri. Kuat leleh lentur pengencang juga dipengaruhi oleh tipe alat sambung, diameter baut, dan komposisi bahan penyusun baut. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh berat jenis kayu, diameter baut, dan arah pembebanan terhadap nilai kuat tumpu baut serta pengaruh diameter baut terhadap nilai kuat leleh lentur baut. Pengujian yang dilakukan meliputi sifat fisis, sifat mekanis, kuat tumpu baut dan kuat leleh lentur baut. Kayu yang digunakan berupa kayu sengon (*Falcataria moluccana*), kayu manii (*Maesopsis eminii*), dan kayu nangka (*Artocarpus heterophyllus*). Alat sambung baut yang digunakan terdiri atas lima ukuran diameter yaitu 1/4 in (6 mm), 3/8 in (9 mm), 1/2 in (12 mm), 5/8 in (16 mm), dan 3/4 in (19 mm). Metode pengujian untuk kuat tumpu baut mengikuti ASTM D 5764 – 97a (Reapproved 2002) dengan modifikasi dan pengujian kuat leleh lentur baut mengikuti ASTM F 1575 – 03. Hasil penelitian menunjukkan kayu nangka memiliki kekuatan mekanis yang lebih tinggi dibandingkan kayu sengon dan kayu manii. Nilai kuat tumpu baut dipengaruhi oleh kelompok jenis, diameter baut, dan arah pembebanan kayu. Ukuran diameter baut memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai kuat leleh lentur baut.

**Kata Kunci:** baut, kayu, kuat leleh lentur, kuat tumpu, pengencang, sambungan kayu

## Pendahuluan

Salah satu sumber daya alam yang dapat diperbaharui adalah hasil hutan kayu. Kayu memiliki kekuatan tinggi dan ringan sehingga dapat dipakai sebagai bahan konstruksi bangunan, pembuatan jembatan, kuda-kuda, rumah, gedung, perkapalan, dan penggunaan lainnya. Penggunaan kayu untuk keperluan konstruksi menuntut tiga aspek penting, yaitu kekakuan (*stiffness*), kekuatan (*strength*) dan stabilitas (*stability*) struktur. Faktor yang memengaruhi prinsip tersebut diantaranya bentuk rancang bangun, jenis kayu dan jenis sambungan yang digunakan (Sucahyo 2010). Keperluan konstruksi memerlukan kayu dengan bentang yang panjang namun saat ini kayu yang dijumpai di pasar memiliki keterbatasan dalam ukuran panjangnya yang dipengaruhi oleh efisiensi pada saat pengangkutan dan bahan baku kayu yang terbatas (Agussalim 2010). Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan teknik penyambungan guna mengoptimalkan penggunaan bahan baku kayu tersebut.

Sambungan merupakan bagian terlemah dalam desain konstruksi atau struktur dimana kekuatan konstruksi pada umumnya ditentukan oleh kekuatan sambungan (Potreous & Kermani 2007). Alat sambung *dowel* berupa paku, baut, pasak dan pelat baja dapat digunakan dalam

membuat suatu sambungan kayu. Sambungan yang umum digunakan yaitu paku dan baut. Paku biasa digunakan untuk memikul beban yang relatif kecil sedang kan baut memiliki ukuran diameter lebih besar digunakan untuk memikul beban yang lebih besar dalam konstruksi (Breyeret al. 2007). Baut merupakan alat sambung tipe *dowel* yang relative mudah didapatkan dan mudah dalam pengerjaannya sehingga banyak digunakan dalam konstruksi bangunan di Indonesia.

Kekuatan sambungan dipengaruhi oleh kuat tumpu baut, kuat leleh lentur baut dan geometri. Kuat tumpu baut adalah sifat kekuatan yang dimiliki oleh struktur komponen utama dan samping dalam menahan beban tumpu (*embedding*) yang diberikan oleh pengencang pasak (Sadiyo et al. 2017). Kuat leleh lentur baut merupakan sifat kekuatan yang digunakan untuk memprediksi kapasitas beban dari pada sebuah mekanisme yang melibatkan terbentuknya sendi plastis pada pengencang (Breyer et al. 2007). Penelitian sebelumnya mengenai kuat tumpu kayu menggunakan alat penyambung seperti baut yang dilakukan oleh Awaludin et al. (2007), Zitto et al. (2012) dan Hassan et al. (2013) menyatakan kuat tumpu kayu dipengaruhi oleh berat jenis kayu, diameter dowel, arah pembebanan, arah serat dan kadar air. Kekutan leleh lentur pengencang juga dipengaruhi oleh tipe alat sambung, diameter baut, dan komposisi bahan penyusun baut. Menurut Pranata et al. (2013) data properti sifat mekanis kuat leleh lentur baut yang berada di pasaran Indonesia masih sangat terbatas.

Penelitian yang sudah dilakukan pada umumnya menggunakan diameter baut dengan tiga ukuran dan jenis kayu berdaun jarum yang berbeda dengan jenis kayu di Indonesia yang dominan merupakan jenis kayu daun lebar. Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui dasar-dasar kekuatan sambungan kayu dengan tipe alat sambung baut melalui variasi jenis kayu, diameter baut, dan geometri kayu.

## Bahan dan Metode

### Bahan

Bahan yang digunakan adalah kayu dan alat sambung berupa baut. Kayu yang digunakan berupa kayu sengon (*Falcataria moluccana*), kayu manii (*Maesopsis eminii*), dan kayu nangka (*Artocarpus heterophyllus*). Jenis kayu yang digunakan diperoleh dalam bentuk balok dengan ketebalan 2,5 cm dan 3,8 cm dengan panjang masing-masing 50 cm. Alat sambung baut yang digunakan terdiri atas lima ukuran diameter yaitu 1/4 in (6 mm), 3/8 in (9 mm), 1/2 in (12 mm), 5/8 in (16 mm), dan 3/4 in (19 mm).

### Alat

Peralatan yang digunakan baik untuk pembuatan contoh uji maupun pengujiannya terdiri dari gergaji potong, kaliper, timbangan digital, oven, mesin UTM (*Universal Testing Machine*) merk Instron kapasitas 5 ton, dan UTM merk Amsler merupakan mesin yang biasa digunakan untuk pengujian sifat mekanis bahan. UTM Instron digunakan untuk pengujian berupa kekuatan tekan sejajar dan tegak lurus serat kayu, kekuatan tarik sejajar serat kayu, kekuatan geser sejajar serat kayu, dan kekerasan kayu, sedangkan UTM Amsler untuk pengujian kekuatan tarik tegak lurus serat kayu.

Sifat fisis yang diuji dalam penelitian ini berupa kadar air, kerapatan dan berat jenis. Pengujian sifat fisis dilakukan sebanyak 10 ulangan dengan ukuran contoh uji berdasarkan *British Standard* (BS-373-1957). Contoh uji dalam keadaan kering udara ( $B_{KU}$ ) ditimbang beratnya dan diukur dimensinya ( $V_{KU}$ ) kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  sampai mencapai berat konstan ( $B_{KO}$ ). Kadar air, kerapatan dan berat jenis ditentukan berdasarkan rumus berikut:

## Prosedur penelitian

### *Persiapan bahan*

Semua contoh uji yang digunakan baik kayu sengon, kayu manii, dan kayu nangka sudah mencapai kadar air kering udara 13% sampai 16% kemudian dipotong berdasarkan ukuran dimensi baut. Balok kayu dengan tebal 2,5 cm digunakan untuk contoh uji pengujian sifat fisis dan sifat mekanis kayu.

### *Pengujian sifat fisis*

$$KA (\%) = \frac{B_{KU} - B_{KO}}{B_{KO}} \times 100 \quad \rho = \frac{B_{KU}}{V} BJ = \frac{B_{KO}/V}{\rho_{\text{air}}}$$

Keterangan :

BKU	: Berat Awal (g)	KA	: Kadar air (%)
BKO	: Berat Kering Oven (g)		: Kerapatan ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )
V	: Volume Awal ( $\text{cm}^3$ )	BJ	: Berat Jenis : $1 \text{ g}/\text{cm}^3$

## Pengujian sifat mekanis

Pengujian sifat mekanis meliputi kekuatan tekan sejajar serat dan tegak lurus serat kayu, kekuatan tarik sejajar dan tegak lurus serat kayu, kekuatan geser kayu, dan kekerasan kayu mengacu pada *British Standard* (BS-373-1957) tentang *Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber*. Besarnya nilai tekan sejajar dan tegak lurus serat dihitung dengan rumus :

$$MCS(\text{Maximum Crushing Strength}) = \frac{P_{\text{maks}}}{A} \sigma_{\text{maks. tekan } \perp \text{ serat}} = \frac{P_{\text{maks}}}{A}$$

Keterangan:

$\sigma_{MCS}$	: Kekuatan tekan maksimum sejajar serat kayu ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
$\sigma_{\sigma_{\text{maks. tekan } \perp \text{ serat}}}$	: Kekuatan tekan maksimum tegak lurus serat kayu ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
$P_{\text{maks}}$	: Beban maksimum sampai terjadi kerusakan (kg)
A	: Luas penampang ( $\text{cm}^2$ )

Setelah pengukuran dimensi contoh uji, dilakukan pengujian. Besarnya kekuatan tarik sejajar serat dan tegak lurus serat kayu dihitung dengan rumus:

$$\sigma_{\text{maks. tarik // serat}} = \frac{P_{\text{maks}}}{A} \sigma_{\text{maks. tarik } \perp \text{ serat}} = \frac{P_{\text{maks}}}{A}$$

Keterangan :

- $\sigma_{\text{maks. tarik // serat}}$  : Kekuatan tarik maksimum sejajar serat kayu (kg/cm<sup>2</sup>)
- $\sigma_{\text{maks. tarik } \perp \text{ serat}}$  : Kekuatan tarik maksimum tegak lurus serat kayu (kg/cm<sup>2</sup>)
- $P_{\text{maks}}$  : Beban maksimum sampai terjadi kerusakan (kg)
- $A$  : Luas penampang bagian teramping (cm<sup>2</sup>)

Pengujian kekuatan geser kayu dilakukan dengan pemberian beban tekan vertikal secara merata hingga kayu mengalami pergeseran atau hingga kayu membelah. Besarnya kekuatan geser dihitung dengan rumus:

$$\tau_{\text{maks. // serat}} = \frac{P_{\text{maks}}}{A}$$

Keterangan :

- $\sigma_{\text{maks. // serat}}$  : Kekuatan geser sejajar serat (kg/cm<sup>2</sup>)
- $P_{\text{maks}}$  : Beban maksimum sampai terjadi kerusakan (kg)
- $A$  : Luas penampang (cm<sup>2</sup>)

Sedangkan pengujian kekerasan kayu dengan sistem pembebanan setengah bola baja dan kecepatan uji 6,35 mm/menit. Besarnya nilai kekerasan dihitung dengan rumus :

$$H = \frac{P_{\text{maks}}}{A}$$

Keterangan :

- $H$  : Kekerasan (kg/cm<sup>2</sup>)
- $P_{\text{maks}}$  : Beban maksimum sampai terjadi kerusakan (kg)
- $A$  : Luas penampang bola baja (cm<sup>2</sup>)

#### *Pengujian kuat tumpu baut*

Pengujian kuat tumpu (Fe) baut dilakukan mengikuti standar ASTM D 5764 – 97a (Reapproved 2002) : *Standard Test Method for Evaluating Dowel-Bearing Strength of Wood and Wood Based Products* dengan modifikasi. Pengujian dilakukan dengan memperhatikan arah serat sejajar dan tegak lurus. Jumlah contoh uji sebanyak 65 buah per arah serat (5 ukuran diameter baut, 3 jenis kayu dan masing-masing 5 ulangan). Besarnya nilai kuat tumpu baut dihitung dengan rumus:

$$F_e = \frac{P_y}{d \cdot t}$$

Keterangan :

- $F_e$  : Kuat tumpu ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )  
 $P_y$  : Beban leleh pada *offset* 5% diameter baut (kg)  
 $d$  : Diameter baut (cm)  
 $t$  : Tebal kayu penumpu (cm)

#### *Pengujian Kuat Leleh Lentur Baut*

Pengujian kuat leleh lentur ( $F_{yb}$ ) baut dilakukan mengikuti standar ASTM F 1575 – 03: *Standard Test Method for Determining Bending Yield Moment of Nails*. Baut ditempatkan pada penyangga dengan jarak sangga 11,5 kali diameter baut dan diberi beban tepat di tengah bentang dengan kecepatan pembebanan 0,1 mm/menit. Jumlah contoh uji yang digunakan adalah sebanyak 35 buah (5 ukuran diameter baut dengan masing-masing ulangan sebanyak 7). Besarnya nilai kuat leleh lentur baut dihitung dengan rumus:

$$F_{yb} = \frac{6PS_{bp}}{4d^3}$$

Keterangan :

- $F_{yb}$  : Kuat leleh lentur ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )  
 $P$  : Beban leleh pada *offset* 5% diameter baut (kg)  
 $S_{bp}$  : Jarak penyangga (11,5d)  
 $D$  : Diameter baut (cm)

#### **Analisis data**

Analisis data untuk sifat fisis dan sifat mekanis dilakukan secara deskriptif, untuk analisis kuat tumpu baut menggunakan metode statistika rancangan acak kelompok (RAK) dalam percobaan faktorial dengan perlakuan diameter baut (1/4 in, 3/8 in, 1/2 in, 5/8 in, dan 3/4 in), pengaruh arah pembebanan (sejajar dan tegak lurus serat) dan dianalisis berdasarkan kelompok jenis kayu (sengon, manii, dan nangka). Data hasil penelitian diolah dengan menggunakan program SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) versi 17.0 dan *Microsoft Excel* 2010. Apabila hasilnya berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan. Model matematika yang digunakan untuk rancangan ini adalah:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + C_k + \epsilon_{ijk}$$

Dimana :

- $Y_{ijk}$  : Beban pada diameter baut (faktor A) ke-i, arah pembebanan (faktor B) ke-j pada ulangan ke-k  
 $\mu$  : Rataan umum  
 $A_i$  : Pengaruh diameter baut ke-i

- $B_j$  : Pengaruh arah pembebanan ke-j  
 $AB_{ij}$  : Interaksi diameter baut ke-i dan arah pembebanan ke-j  
 $C_k$  : Pengaruh kelompok (jenis kayu) ke-k  
 $\epsilon_{ijk}$  : Pengaruh acak dari diameter baut ke-i, arah pembebanan ke-j serta kelompok jenis kayu ke-k

Analisis data untuk kekuatan leleh lentur baut menggunakan metode statistika Rancangan Acak Lengkap (RAL). Data hasil penelitian diolah dengan menggunakan program SPSS versi 17.0 dan *Microsoft Excel* 2010. Apabila hasilnya berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan. Model matematika yang digunakan untuk rancangan ini adalah :

$$Y_{ik} = \mu + A_i + \epsilon_{ik}$$

Dimana:

- $Y_{ik}$  : Kekuatan pada diameter baut (faktor A) ke-i, pada ulangan ke-k  
 $\mu$  : Rataan umum  
 $A_i$  : Pengaruh diameter baut ke-i  
 $\epsilon_{ik}$  : Pengaruh acak dari diameter baut ke-i

## Hasil dan Pembahasan

### Sifat fisis kayu

#### *Kadar air*

Sifat higroskopis kayu merupakan kemampuan kayu dalam melepaskan dan menyerap air, menyebabkan kayu rentan terhadap suhu dan kelembaban lingkungan disekitarnya. Kadar air merupakan gambaran mengenai banyaknya air yang terkandung didalam suatu batang kayu (Manuhuwa 2007). Nilai rata-rata kadar air (Gambar 1) tertinggi terdapat pada kayu sengon (15,81%) dan terendah pada kayu nangka (13,80%). Kadar air kayu merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi sifat kayu dalam pemanfaatannya. Berdasarkan hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa ketiga kayu telah mencapai kadar air di bawah titik jenuh serat (30%) dan telah mencapai kadar air dibawah kering udara (20%). Kadar air kesetimbangan di wilayah Bogor berada pada kisaran 12-18% tergantung suhu (T) dan kelembaban udara relatif (RH) saat itu (Sucahyo 2010). Menurut Bowyer et al. (2003) pada umumnya penurunan kadar air dibawah titik jenuh serat akan meningkatkan kekuatan kayu.

#### *Kerapatan dan berat jenis*

Kerapatan atau berat jenis merupakan indikator banyaknya zat kayu yang berkaitan dengan mutu kayu dan pengolahannya (Marsoem et al. 2014). Berat jenis dan kerapatan kayu menjadi salah satu faktor untuk mengetahui kekuatan dan ketahanan kayu dalam menerima beban atau gaya dari luar (Sadiyo et al. 2012). Semakin besar nilai kerapatan dan berat jenis kayu maka semakin besar kekuatan kayu pada tingkat kadar air yang sama.

Pada hasil yang didapatkan (Gambar 2), sebaran berat jenis berbanding lurus dengan kerapatan kayu dimana pada kayu sengon memiliki kerapatan dan berat jenis terendah (0,35 g/

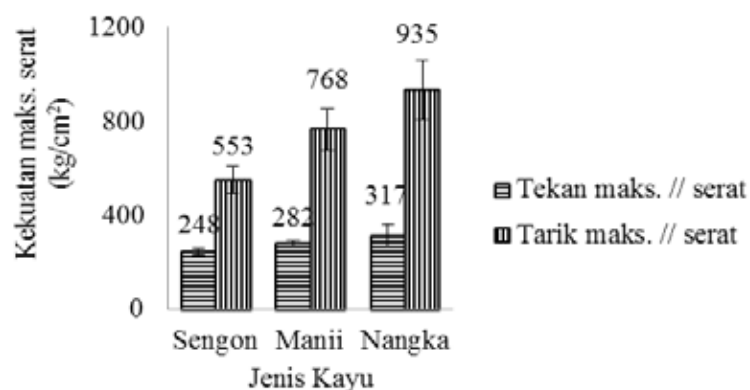
cm<sup>3</sup> dan 0,30) dan kayu nangka tertinggi (0,63 g/cm<sup>3</sup> dan 0,55). Berat jenis kayu yang ditentukan berdasarkan berat kayu tanpa air dapat dijadikan sebagai dasar dalam mengelompokkan kayu yang diteliti menjadi beberapa klasifikasi yaitu rendah (sengon), sedang (manii), tinggi (nangka). Hal ini sesuai dengan pernyataan Sucahyo (2010) bahwa kerapatan dan berat jenis kayu sengon berada pada klasifikasi rendah dan kayu nangka berada pada klasifikasi tinggi. Perbedaan berat jenis kayu disebabkan adanya pengaruh kadar air, kerapatan dinding sel dan porositas (Agussalim 2010).

## Sifat mekanis kayu

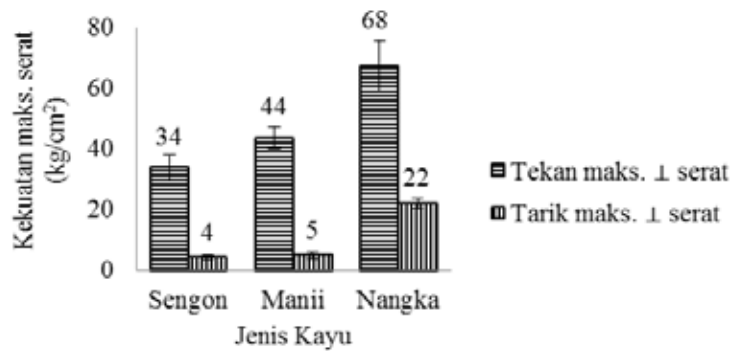
### *Kekuatan tekan dan tarik kayu*

Nilai rata-rata kekuatan untuk tekan dan tarik sejajar serat (Gambar 3) terbagi kedalam tiga klasifikasi, yaitu rendah (sengon), sedang (manii), dan tinggi (nangka) masing-masing memiliki nilai rata-rata terendah (248 kg/cm<sup>2</sup> dan 553 kg/cm<sup>2</sup>), sedang (282 kg/cm<sup>2</sup> dan 768 kg/cm<sup>2</sup>) dan tertinggi (317 kg/cm<sup>2</sup> dan 935 kg/cm<sup>2</sup>). Nilai kekuatan tekan dan tarik sejajar serat dalam penelitian ini lebih besar dari penelitian yang dikemukakan oleh Pratiwi (2017) dan Susanto (2017), untuk jenis kayu sengon (kadar air 18,30%) dan nangka (kadar air 18,28%), namun untuk jenis kayu manii (kadar air 17,35%) nilai kekuatan tarik sejajar serat pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan penelitian Susanto (2017). Hal ini menunjukkan bahwa kadar air bukanlah satu-satunya parameter untuk menentukan kekuatan tekan dan tarik sejajar serat kayu. Faktor dalam yang mempengaruhi sifat mekanis kayu adalah kadar air, kerapatan/berat jenis, cacat-cacat kayu (mata kayu, miring serat, retak atau pecah, pingul) dan lain sebagainya (Sadiyo et al. 2017).

Hasil uji kayu pada pengujian kekuatan tekan dan tarik tegak lurus serat kayu (Gambar 4), dibagi menjadi tiga klasifikasi yaitu rendah (sengon), sedang (manii), dan tinggi (nangka) dengan nilai rata-rata terendah (34 kg/cm<sup>2</sup> dan 4 kg/cm<sup>2</sup>), sedang (44 kg/cm<sup>2</sup> dan 5 kg/cm<sup>2</sup>) dan tertinggi (68 kg/cm<sup>2</sup> dan 22 kg/cm<sup>2</sup>). Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin besar nilai kerapatan dan berat jenis kayu semakin besar pula nilai kekuatan tekan dan tarik kayu. Besarnya nilai kerapatan dan tekan sejajar serat kayu dapat digunakan untuk menduga kekuatan atau kemampuan sambungan kayu (Sucahyo 2010). Mardikanto et al. (2011) menyatakan bahwa kekuatan tarik sejajar serat lebih besar dari kekuatan tarik tegak lurus serat.



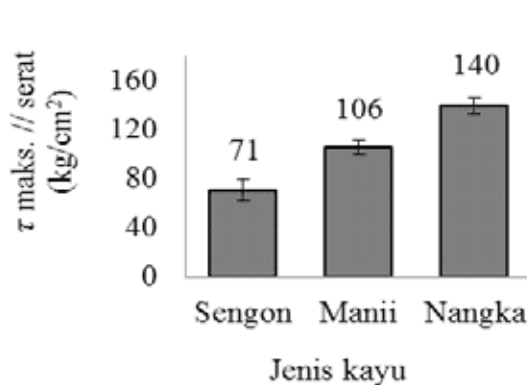
**Gambar 3** Kekuatan tekan dan tarik sejajar serat kayu



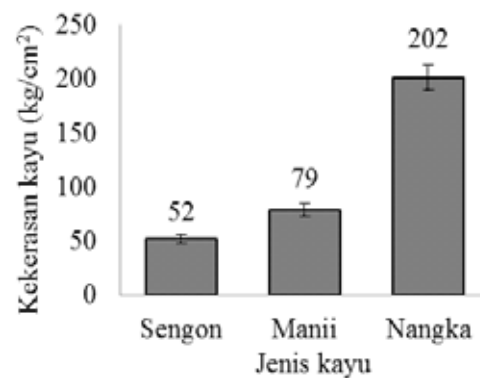
**Gambar 4.** Kekuatan tekan dan tarik tegak lurus

### Kekuatan geser kayu

Kekuatan geser kayu adalah kemampuan kayu untuk menahan pergeseran antara serat kayu dalam mempertahankan bentuknya (Winandy & Rowel 2004). Kekuatan geser dipengaruhi oleh arah beban dimana pada geser sejajar serat kayu, gaya cenderung menggeser pada bidang geser sejajar serat (Mardikanto et al. 2011). Kekuatan geser sejajar serat digunakan untuk menentukan kapasitas benda yang dapat dipukul oleh gelagar pendek. Nilai rata-rata kekuatan geser kayu (Gambar 5) tertinggi pada jenis kayu nangka ( $140 \text{ kg/cm}^2$ ) dan terendah pada kayu sengon ( $71 \text{ kg/cm}^2$ ). Kekuatan geser menggambarkan semakin besar kerapatan atau berat jenis maka semakin besar nilai kekuatannya. Hal ini sesuai dengan pendapat Sadiyo et al. (2017) yang menyatakan bahwa faktor dalam yang memengaruhi sifat mekanis kayu adalah kadar air, kerapatan atau berat jenis, dan lain sebagainya.



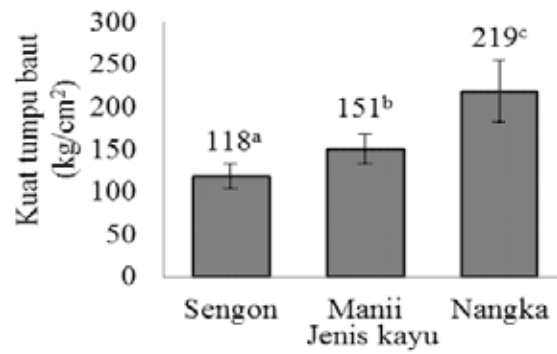
**Gambar 5** Kekuatan geser kayu



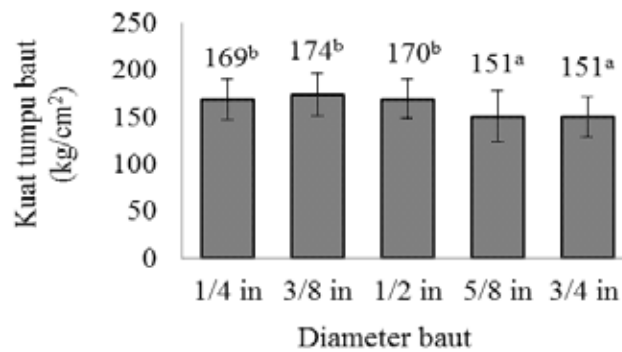
**Gambar 6** Kekerasan kayu

### Kekerasan kayu

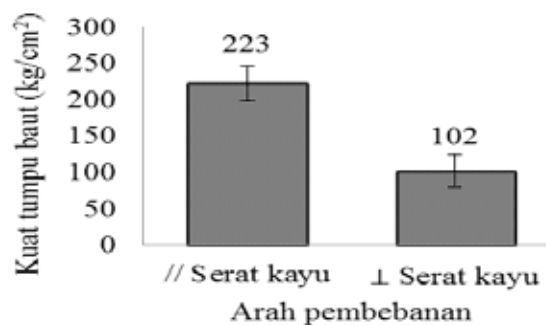
Kekerasan merupakan ukuran kemampuan kayu dalam menahan kerusakan permukaan dan pembentukan lekukan permanen pada kayu (Ibach & Ellis 2004). Hasil penelitian nilai rata-rata kekerasan kayu (Gambar 6) menunjukkan nilai kekerasan maksimum pada jenis kayu nangka ( $202 \text{ kg/cm}^2$ ) dan terendah pada jenis kayu sengon ( $52 \text{ kg/cm}^2$ ). Hal ini sesuai dengan nilai kerapatan kayu nangka yang lebih tinggi dibandingkan kayu sengon dan manii. Mardikanto et al. (2011) menyatakan bahwa sifat kekerasan kayu dipengaruhi oleh kerapatannya, selain itu keuletan kayu, ukuran serat kayu, daya ikat antar serat kayu serta susunan serat kayunya mempengaruhi sifat kayu tersebut.



**Gambar 7.** Kuat tumpu baut berdasarkan jenis kayu



**Gambar 8.** Kuat tumpu baut berdasarkan diameter baut



**Gambar 9.** Kuat tumpu baut berdasarkan arah

### *Kuat tumpu baut*

Kuat tumpu baut digunakan untuk menentukan besarnya kekuatan kayu dan baut dalam menahan beban. Berdasarkan standar ASTM D 5764-97 yang dimodifikasi, pengujian kuat tumpu baut dilakukan dengan memberikan tekanan di sepanjang batang baut yang diletakkan di permukaan bidang kayu pada arah sejajar dan tegak lurus serat sampai baut terbenam minimal setengah dari diameternya. Nilai rata-rata kuat tumpu baut berdasarkan jenis kayu (Gambar 7) menunjukkan bahwa kayu nangka memiliki nilai kuat tumpu tertinggi (219 kg/cm<sup>2</sup>) dan terendah pada kayu sengon (118 kg/cm<sup>2</sup>). Hasil analisis keragaman pada selang kepercayaan 95% menunjukkan bahwa kelompok jenis kayu memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap nilai kuat tumpu baut. Nilai kuat tumpu baut berdasarkan kelompok jenis kayu menunjukkan peningkatan seiring dengan meningkatnya kerapatan dan berat jenis kayu. Hal

ini sesuai dengan penelitian (Jumaat et al. 2008; Susanto 2017; Pratiwi 2017) yang menyatakan bahwa kuat tumpu baut dipengaruhi oleh kerapatan kayu dan kerapatan kayu berbanding lurus dengan berat jenis kayu. Lebih lanjut menurut Sadiyo et al. (2017) menyatakan bahwa kuat tumpu baut dipengaruhi oleh variasi berat jenis kayu.

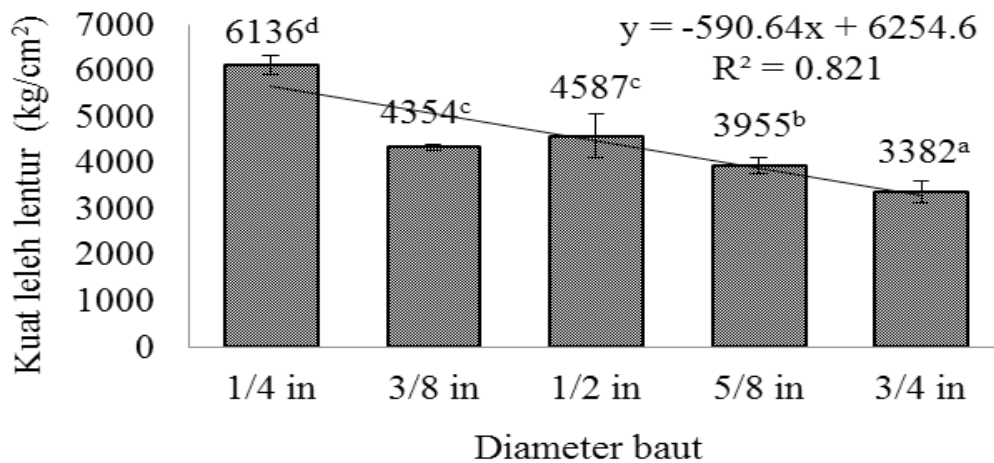
Pengujian kuat tumpu baut berdasarkan ukuran diameter baut (Gambar 8) menunjukkan bahwa diameter 3/8 in memiliki nilai rata-rata tertinggi ( $174 \text{ kg/cm}^2$ ) sedangkan diameter 5/8 in dan 3/4 in memiliki nilai rata-rata terendah ( $151 \text{ kg/cm}^2$ ). Hasil analisis menunjukkan bahwa diameter baut memberikan pengaruh sangat nyata terhadap nilai kuat tumpu baut. Berdasarkan uji lanjut Duncan diameter baut 5/8 in dan 3/4 in menghasilkan nilai kuat tumpu baut yang berbeda nyata dengan ukuran diameter baut lainnya. Menurut Susanto (2017) pada diameter baut yang lebih besar, luasan kayu yang dilubangi harus lebih besar sehingga batas kekuatannya akan lebih rendah. Lebih lanjut Rammer (2010) menyatakan bahwa kuat tumpu pasak dari pada kayu pada sambungan baut sangat dipengaruhi oleh ukuran dan bentuk lubang yang dibuat untuk memasukkan baut.

Pengujian kuat tumpu berdasarkan arah pembebanan kayu (Gambar 9) menunjukkan pada arah pembebanan sejajar serat kayu memiliki nilai kuat tumpu baut 54% lebih besar dibandingkan arah pembebanan tegak lurus serat kayu. Berdasarkan hasil analisis keragaman pada selang kepercayaan 95%, arah pembebanan memberikan pengaruh sangat nyata terhadap nilai kuat tumpu baut. Hal ini sesuai dengan Sawata dan Yasumura (2002) yang menyatakan bahwa arah pembebanan sejajar serat kayu memberikan pengaruh lebih besar dibandingkan dengan arah pembebanan tegak lurus serat kayu terhadap nilai kuat tumpu baut. Kayu pada arah pembebanan sejajar serat menyebabkan kerusakan yang menyebar secara merata sehingga nilai kuat tumpu baut meningkat lebih tinggi (Awaludin et al. 2007).

#### *Kuat leleh lentur baut*

Kuat leleh lentur baut menjadi parameter dalam menentukan kualitas baut sebagai alat sambung. Nilai kuat leleh lentur baut berdasarkan ASTM F 1575, pengujian dilakukan dengan memberikan beban tegak lurus dengan arah bentang baut. Nilai kuat leleh lentur baut pada kelima ukuran diameter baut berkisar antara 3382 hingga  $6136 \text{ kg/cm}^2$ . Hasil perhitungan nilai rata-rata kuat leleh lentur baut (Gambar 10) menunjukkan bahwa nilai tertinggi pada ukuran diameter baut 1/4 in ( $6136 \text{ kg/cm}^2$ ) dan terendah pada ukuran baut 3/4 in ( $3382 \text{ kg/cm}^2$ ). Pada penelitian Agussalim (2010) dengan menggunakan baut berdiameter 1/4 in, 5/16 in, dan 3/8 in (6,4 mm, 7,9 mm, dan 9,4 mm) menghasilkan nilai kuat leleh lentur baut berturut-turut  $5146 \text{ kg/cm}^2$ ,  $5422 \text{ kg/cm}^2$ , dan  $5144 \text{ kg/cm}^2$ .

Nilai kuat leleh lentur baut yang lebih tinggi dihasilkan oleh Pranata et al. (2013) dengan menggunakan tiga diameter baut yaitu 5/16 in, 3/8 in, dan 1/2 in (8 mm, 10 mm, dan 12 mm) menghasilkan nilai kuat leleh lentur baut berturut-turut  $11431 \text{ kg/cm}^2$ ,  $6546 \text{ kg/cm}^2$ ,  $6440 \text{ kg/cm}^2$ . Berdasarkan uji beda rata-rata diketahui bahwa nilai kuat leleh lentur baut dengan ukuran diameter 3/8 in dan 1/2 in memiliki nilai kuat leleh lentur baut yang berbeda nyata terhadap dengan ukuran diameter lainnya. Semakin besar diameter baut, ada kecenderungan semakin rendah nilai yang diperoleh. Diameter baut dapat menerangkan nilai kuat leleh lentur baut sebesar 82,1%.



**Gambar 10.** Kuat leleh lentur baut berdasarkan diameter baut

### Kesimpulan

Jenis kayu yang direpresentasikan oleh berat jenis kayu memengaruhi nilai kuat tumpu baut. Jenis kayu sengon (0,30), kayu manii (0,36) dan kayu nangka (0,55) masing-masing memiliki nilai kuat tumpu baut sebesar 118 kg/cm<sup>2</sup>, 151 kg/cm<sup>2</sup>, dan 219 kg/cm<sup>2</sup>. Semakin tinggi berat jenis kayu menyebabkan tingginya nilai kuat tumpu baut. Diameter baut mempengaruhi nilai kuat tumpu baut dan nilai kuat leleh lentur baut. Ukuran baut 5/8 in dan 3/4 in memberikan pengaruh yang sama terhadap nilai kuat tumpu baut, tetapi memberikan pengaruh yang berbeda terhadap ukuran baut 1/4 in, 3/8 in, dan 1/2 in. Ukuran diameter baut dapat menerangkan nilai kuat leleh lentur baut sebesar 82,1%. Arah pembebanan sejajar serat kayu memberikan pengaruh 54% lebih besar terhadap nilai kuat tumpu baut pada arah tegak lurus serat.

### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Prof Dr Ir Suchyo Sadiyo, MS selaku pembimbing, Bapak Dr. Effendi Tri Bahtiar, S.Hut, M.Si selaku pemberi dana, serta Ibu Evalina Herawati S.Hut, M.Si dan Dwi Susanto S.Hut yang telah banyak memberikan saran.

### Daftar Pustaka

- American Society for Testing and Material. 2005. Annual Book of ASTM Standars. Section Four: Construction. Volume 0410.Wood. D-5764-97a (Reapproved 2002): Standard Test Methods for Evaluating Dowel-Bearing Strength of Wood and Wood-Based Products. West conshohocken, PA,USA.
- \_\_\_\_\_. 2003. ASTM F 1575-03: Standard Test Methodf or Detmining Bending Yield Moment of Nails. West conshohocken, PA, USA.

- Agussalim. 2010. Desain kekuatan sambungan kayu geser ganda berpelat baja dengan baut pada lima jenis kayu Indonesia [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Awaludin A, Smittakorn W, Hirai T, Hayashikawa T. 2007. Bearing properties of *Shoreaobtusa* beneath a laterally loaded bolt. *J Wood Sci.* 53: 204-210. doi: 10.1007/s10086-006-0842-z.
- British Standard. 1957. Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber. BS- 373.
- Bowyer JL, Shmulsky R, Haygreen JG. 2003. Forest Products and Wood Science: An Introduction. Edisi Keempat. Iowa (US): IOWA State University Press.
- Breyer DE, Fridley KJ, Cobean KE, Pollock DG. 2007. Design of Wood Structures, ASD/LRFD. RR Donnelley. McGraw-Hill Pro Febautsional, TwoPenn Plaza, New York, NY 10121-2298.
- Hassan R, Ibrahim A, Ahmad Z, Yusoff M. 2013. Dowel-bearing strength properties of two tropical hardwoods. In CIE C2013 : 27-36. Doi: 10.1007/978-981-4585-02-6\_3jum.
- Ibach RE, Ellis WD. 2004. Lumen modification. Di dalam: Rowell RM, editor. Wood Chemistry and Wood Composites. Chapter 15. Madison (US): CRC Press.
- Jumaat MZ, Razali FM, Rahim AHA. 2008. Development of limit state design method for malaysian bolted timber joints. Proceeding WCTE 2008-10th World Conference on Timber Engineering. Miyazaki, Japan.
- Manuhuwa E. 2007. Kadar air dan berat jenis pada posisi aksial dan radial kayu sukun (*Arthocarpus communis*, J.R dan G.Frest). *J. Agroforestri.* 2(1):50-55.
- Mardikanto TR, Karlinasari L, Bahtiar ET. 2011. Sifat mekanis kayu. Bogor (ID): IPB Press.
- Marsoem SN, Prasetyo VE, Sulistyono J, Sudaryono, Lukmandaru G. 2014. Studi mutu kayu jati di hutan rakyat gunung kidul III. Sifat fisika kayu. *J. Ilmu Kehutanan.* 8(2):75-88.
- Porteous J, Kermani A. 2007. *Structural timber design to eurocode 5.* New Jersey (US) : Blackwell Publishing.
- Pranata YA, Suryoatmojo B, Tjoandro JA. 2013. Penelitian eksperimental kuat leleh lentur (Fyb) baut. *J. Teknik Sipil.* 12(2):98-103.
- Pratiwi NES. 2017. Kekuatan sambungan kayu geser tunggal pada kayu sengon (*Falcataria moluccana*) dan Jabon (*Anthrocephalus cadamba*) dengan baut tunggal [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Rammer DR. 2010. Fastenings. In Wood handbook: Wood as an engineering material. General Technical Report FPL-GTR-190. Departemen of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison. 508 p.
- Sadiyo S, Wahyudi I, Satria FY, Nurhasanah, Sholihin M. 2012. Analisis kekuatan sambungan geser ganda enam jenis kayu pada berbagai sesaran menurut diameter dan jumlah baut. *J Perennial.* 8(2): 52-61.
- Sadiyo S, Nugroho N, Liliefna LD. 2017. Kayu sebagai bahan bangunan struktural berkelanjutan. Bogor (ID): IPB Press.
- Sawata K, Yasumura M. 2003. Determination of embedding strength of wood for dowel-type fasteners. *J. Wood Sci.* 42: 138-146.

- Sucahyo. 2010. Perilaku kekuatan sambungan geser ganda batang kayu dengan paku Majemuk berpelat sisi baja akibat beban uni-aksial tekan [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Susanto D. 2017. Kekuatan Sambungan Geser Tunggal pada Kayu Manii (*Maesopsis eminii*) dan KayuNangka (*Artocarpus heterophyllus*) denganBaut Tunggal [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Winandy JE, Rowel RM. 2004. Chemistry od wood strength. Di dalam: Rowel RM, editor. Wood Chemistry and Wood Composites. Chapter 11. Madison (US): CRC Press.
- Zitto MAS, Kohler J, Piter JC. 2012. Embedding strength in joints on fast-growing Argentinean Eucalyptus grandis with dowel-type fastener. Analysis according to the criterion adopted by European standards. *Eur J Wood Prod.* 70:433-440. Doi: 10.1007/s00107-011-0572-9.

# Keragaman Flora dan Makro Fauna Tanah pada Hutan Tanaman *Eucalyptus pellita* di PT. Arara Abadi - Riau

Agus Wahyudi

Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Serat Tanaman Hutan – Kuok  
Jln. Raya Bangkinang – Kuok km 9, Kotak Pos 4/BKN Bangkinang 28401 RIAU  
E-mail: [agus.kuok@gmail.com](mailto:agus.kuok@gmail.com)

## ABSTRAK

Pengelolaan hutan tanaman industri diupayakan agar tetap mempertahankan daya dukung kawasan hutan dalam menjaga keanekaragaman hayati, kesuburan tanah, serta mempertahankan kehidupan mikroba tanah. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui keanekaragaman flora tumbuhan bawah dan makro fauna tanah pada hutan tanaman jenis *Eucalyptus pellita* di areal PT. Arara Abadi, Perawang - Riau. Pengambilan data flora dan makrofauna tanah dilakukan pada hutan tanaman *E. pellita* umur 1, 3, 5 tahun, areal konservasi dan areal pasca panen hutan tanaman *E. pellita* dengan menggunakan metode petak ganda. Peletakan petak contoh dilakukan secara *stratified sampling* (jalur). Jumlah petak pengamatan sebanyak 20 petak, dengan jarak antara petak 20 m (secara zig-zag di kiri dan kanan jalur). Hasil penelitian menunjukkan bahwa indek kekayaan, keanekaragaman, kelimpahan dan kesamarataan jenis flora tumbuhan bawah areal konservasi mempunyai nilai yang paling rendah dibandingkan dengan areal hutan tanaman *E. pellita* umur 5, 3, 1 tahun serta areal pasca panen. Pada areal hutan tanaman umur 5, 3, 1 tahun dan areal pasca panen tingkat keragaman tumbuhan bawahnya hampir sama tidak ada perbedaannya. Jenis tumbuhan bawah yang mendominasi dari areal tersebut adalah *Microlepidia speluncae*, *Echinocloa colonum* dan *Stenochlaena polutris*. Keanekaragaman makro fauna tanah di areal konservasi hampir sama dengan areal hutan tanaman *E. pellita* umur 3 tahun, sedangkan hutan tanaman *E. pellita* umur 5 tahun dan 1 tahun mempunyai nilai keanekaragaman yang hampir sama.

**Kata Kunci:** keanekaragaman, *Eucalyptus pellita*, tumbuhan bawah, makro fauna, petak ganda

## Pendahuluan

Program kebijakan pembangunan hutan tanaman tertuang dalam Peraturan Pemerintah nomor 7 tahun 1990, adapun salah satu dasar pertimbangan adalah untuk meningkatkan produktivitas lahan yang kurang produktif, dan meningkatkan kualitas lingkungan hidup serta menjamin tersedianya secara lestari bahan baku industri hasil hutan, perlu dilaksanakan perusahaan hutan tanaman berdasarkan asas kelestarian dengan menerapkan silvikultur intensif. Jenis pohon yang dikembangkan pada hutan tanaman secara garis besar dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu (1) kelompok kayu pertukangan misalnya *Shorea spp.*, *Tectona grandis* dan *Swietenia spp.*, (2) kelompok kayu untuk pulp/serat misalnya *Acacia spp.*, *Gmelina arborea* dan *Eucalyptus spp.*, dan (3) kelompok kayu energi misalnya *Acacia auriculiformis*, *Leucaena leucocephala*, *Leucaena glauca*, dan *Glerecidia spp.*

Tingginya laju deforestasi berbanding lurus dengan tingginya ancaman kerusakan terhadap ekosistem hutan yang merupakan habitat alamiah dari berbagai jenis flora dan fauna endemik. Ancaman kerusakan hutan ini jelas akan menimbulkan dampak negatif karena efek domino dari hilangnya hutan, terutama pada kawasan-kawasan yang mempunyai nilai fungsi

ekologis dan biodiversitas yang tinggi. Akibat kejadian ini tidak saja berarti hilangnya suatu kawasan hutan yang tadinya dapat mendukung kehidupan manusia dalam berbagai aspek misal kebutuhan air, oksigen, kenyamanan (iklim mikro), keindahan (wisata), penghasilan (hasil hutan kayu dan bukan kayu), penyerapan karbon (*carbon sink*), pangan dan obat-obatan akan tetapi juga hilangnya keanekaragaman hayati titipan generasi mendatang.

Perubahan dari hutan alam ke hutan tanaman atau dari lahan terdegradasi menjadi hutan tanaman sedikit banyak mempengaruhi terjadi perubahan komposisi jenis, baik satwa maupun tumbuhan dan lingkungan. Perubahan jenis tumbuhan dapat dilihat dari komposisi floristik yang dicerminkan oleh daftar spesies yang ditemukan dalam suatu komunitas atau tipe vegetasi (Kershaw, 1973 dalam Haryanto, 2003). Komposisi floristik umumnya terkait dengan tipe vegetasi dan tempat tumbuh tipe vegetasi tersebut.

Dampak penting akibat pembangunan hutan tanaman dalam skala luas adalah perubahan ekosistem asli. Jika hutan alam ditebang habis dan dilakukan pembuatan hutan tanaman, akan terjadi penurunan keanekaragaman jenis dan kerusakan habitat. Selain tersebut diatas, apabila terjadi serangan hama penyakit akan sulit didalam upaya pengendaliannya. Di sisi lain, hutan tanaman dibangun pada lahan-laha kritis, bekas perladangan dan tanah kosong akan terjadi peningkatan kualitas habitat dan keragaman jenis.

Masalah nyata yang timbul akibat semakin luasnya pembangunan hutan tanaman dengan kondisi relatif sejenis dan seumur adalah risiko terjadinya kebakaran hutan, gangguan hama penyakit dan gulma yang memerlukan upaya khusus untuk menanggulangnya. Untuk mengurangi dan menghindari terjadinya dampak negatif pembangunan hutan, Menteri Kehutanan telah mengeluarkan SK No. 500/Kpts-II/1989 tentang Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Pembangunan Kehutanan, serta SK No. 252/Kpts-II/93 tentang kriteria dan indikator pengelolaan hutan tanaman secara lestari. ITTO juga telah mengeluarkan pedoman pembangunan dan pengelolaan hutan tanaman tropis secara lestari (Departemen Kehutanan, 1994). Lembaga Ekolabel Indonesia (LEI) juga telah menyusun kriteria dan indikator pengelolaan hutan tanaman yang lestari. Oleh karena itu pembangunan dan pengelolaan hutan tanaman industri diupayakan agar tetap mempertahankan bahkan meningkatkan kemampuan daya dukung kawasan hutan dalam mempertahankan keanekaragaman hayati, kehidupan satwaliar, menjaga kesuburan tanah, mempertahankan kehidupan mikroba tanah serta mempertahankan sistem tata air dan iklim mikro.

Dampak yang ditimbulkan akibat pembangunan hutan tanaman dapat mengarah pada penurunan biodiversitas baik flora maupun fauna yang ada. Untuk itu, maka penelitian diarahkan secara komprehensif meneliti pengaruh pembangunan hutan tanaman terhadap biodiversitas baik flora maupun fauna. Kegiatan difokuskan pada hutan tanaman jenis *Eucalyptus pellita* terhadap biodiversitas flora dan makrofauna tanah yang ada. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh pembangunan hutan tanaman jenis *Eucalyptus pellita* lahan mineral terhadap perubahan keanekaragaman jenis (biodiversitas) flora dan makro fauna tanah (invertebrata).

## Bahan dan Metode

### Lokasi penelitian

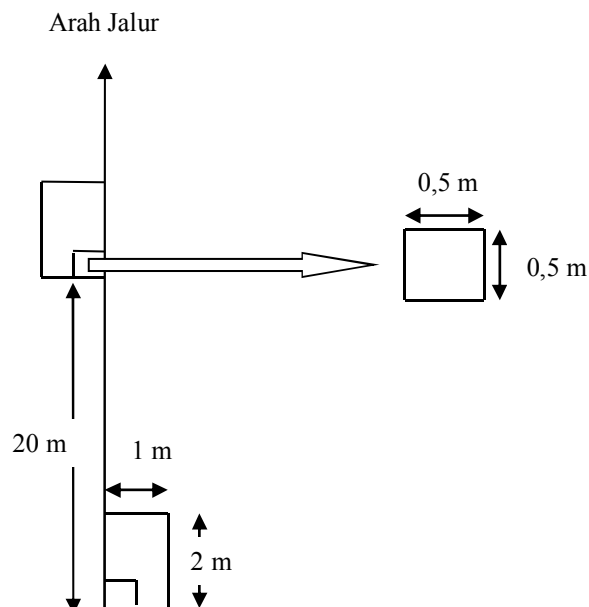
Penelitian dilakukan di Hutan Tanaman Industri (HTI) lahan mineral jenis *Eucalyptus pellita* di areal konsesi PT. Arara Abadi, Perawang, Propinsi Riau. Lokasi hutan tanaman meliputi rotasi II, masing-masing terdiri dari 3 kelas umur tanaman yang berbeda, yaitu 1, 3 dan 5 tahun. Selain itu penelitian juga dilakukan di hutan alam lahan mineral dan areal pasca panen hutan tanaman *Eucalyptus pellita*.

### Alat dan bahan

Bahan penelitian yang digunakan adalah: formalin, alkohol, kantong plastik, amplop, dan kertas label. Sedangkan peralatan yang dibutuhkan antara lain : kompas, peta lokasi, gunting stek, plant-press, meteran, tambang plastik, ring sample tanah, cangkul, skop tanah, kertas koran, model tally-sheet, termometer, lux meter, termohygrometer, dan alat tulis.

### Cara kerja

Pengambilan data tumbuhan bawah pada lokasi hutan tanaman *Eucalyptus pellita*, hutan alam dan areal pasca panen hutan tanaman *E. pellita* menggunakan metode petak ganda (Indriyanto, 2006). Peletakan petak contoh dilakukan secara *stratified sampling* (jalur). Jumlah petak pengamatan sebanyak 20 petak, dengan ukuran  $2 \times 1 \text{ m}^2$ , dengan jarak antara petak 20 m (secara zig-zag di kiri dan kanan jalur). Petak contoh tersebut sesuai untuk tegakan-tegakan yang mempunyai lapisan tajuk homogen (hutan tanaman), yaitu untuk analisis vegetasi tingkat semak rendah, rerumputan dan terna (Bliss *dalam* Sumiyarso, 1995).



**Gambar 1.** Petak ukur analisis vegetasi tumbuhan bawah dan makrofauna tanah di hutan tanaman *Eucalyptus pellita*, hutan alam dan areal pasca panen hutan tanaman *Eucalyptus pellita*

Identifikasi tumbuhan dilakukan dengan cara mencocokkan dengan gambar-gambar tumbuhan yang sudah diketahui identitasnya. Apabila dijumpai tumbuhan yang belum berhasil diidentifikasi atau ditemukan keragu-raguan, maka dibuat specimen herbarium untuk keperluan identifikasi jenisnya.

Pengambilan contoh makro fauna tanah pada lokasi hutan tanaman *Eucalyptus pellita*, areal pasca penen hutan tanaman *E. Hpellita* dan hutan alam menggunakan metode petak berukuran 30 x 30 cm, dengan kedalaman 0 - 10 cm, 10 - 20 cm dan 20 - 30 cm. Pengamatan dilakukan terhadap seluruh makro fauna yang ada di dalam tanah dan di permukaan tanah. Jumlah petak pengamatan pada masing-masing lokasi sebanyak 10 petak, dilakukan mengikuti petak analisis vegetasi tumbuhan bawah.

## Analisa data

Data yang diperoleh dari hasil analisis vegetasi tumbuhan dan makro fauna tanah, kemudian dilakukan pengolahan menggunakan menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut :

### 1. Kerapatan Jenis

$$\text{Kerapatan (K)} = \frac{\sum \text{individu}}{\text{Luas petak contoh}} \quad (1)$$

$$\text{Kerapatan Relatif (KR)} = \frac{\text{K suatu jenis}}{\text{K Total seluruh jenis}} \times 100 \% \quad (2)$$

### 2. Frekuensi

$$\text{Frekuensi (F)} = \frac{\sum \text{sub petak ditemukan suatu spesies}}{\sum \text{seluruh sub petak contoh}} \quad (3)$$

$$\text{Frekuensi Relatif (FR)} = \frac{\text{F suatu jenis}}{\text{F total seluruh jenis}} \times 100\% \quad (4)$$

### 3. Indeks Nilai Penting (INP)

$$\text{Indeks Nilai Penting (INP)} = \text{KR} + \text{FR}$$

### 4. Indeks Kekayaan Jenis

Kekayaan jenis merupakan jumlah jenis dalam suatu luasan areal tertentu. Margalef mengusulkan indeks kekayaan jenis yang dikombinasikan dengan nilai kerapatan individu pada setiap unit contoh yang berukuran sama yang ditempatkan pada habitat atau komunitas yang sama. Metode perhitungan tersebut disebut Indeks Kekayaan Margalef dengan rumus (Santosa, 1995) :

$$R = \frac{S - 1}{\ln(NO)} \quad (5)$$

dimana :

R = Indeks kekayaan jenis

S = Jumlah total jenis yang teramati

NO = Jumlah total individu yang teramati

#### 5. Indeks Keanekaragaman Jenis

Untuk memperkirakan keanekaragaman jenis di areal studi digunakan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener dan indeks Simpson sebagai berikut :

$$H' = - \sum_{i=1}^S \left[ \frac{n_i}{N} \log \frac{n_i}{N} \right] \quad \text{dan} \quad Si = \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \quad (6)$$

di mana :

H' = indeks keanekaragaman Shannon

Si = indeks keanekaragaman Simpson

$n_i$  = INP jenis ke-i

N = Jumlah INP semua tumbuhan

#### 6. Indeks Kelimpahan Jenis

Kelimpahan jenis pada suatu komunitas dihitung dengan menggunakan rumus Hill (1973) dalam Santosa (1995) sebagai berikut :

$$N_1 = e^{H'} \quad \text{dan} \quad N_1 = \frac{1}{Si} \quad (7)$$

di mana :

$N_1$  = indeks kelimpahan jenis

H' = indeks keanekaragaman Shannon

Si = indeks keanekaragaman Simpson

e = bilangan Euler (2,718)

#### 7. Indeks Kesamarataan

Indeks kesamarataan antara tipe habitat menggunakan rumus Hill (1973) dalam Santosa (1995) :

$$E = \frac{1}{e^{H'}} \quad (8)$$

di mana :

E = indeks kesamarataan

H' = indeks keanekaragaman Shannon

Si = indeks keanekaragaman Simpson

## Hasil dan Pembahasan

### Keanekaragaman jenis flora

Hasil identifikasi tumbuhan bawah, semai, sapihan, poles dan pohon pada hutan alam/areal konservasi di PT. Arara Abadi, Riau ditemukan lima jenis tumbuhan bawah, 26 jenis pada tingkat semai, 22 jenis pada tingkat sapihan, 10 jenis pada tingkat poles dan 20 jenis pada tingkat pohon. Gambaran kondisi dominasi dari suatu jenis pada suatu habitat ini digambarkan dalam bentuk Indeks Nilai Penting (INP), dimana besaran nilainya merupakan hasil penjumlahan dari nilai kerapatan relatif, frekuensi relatif. Hasil perhitungan indeks nilai penting tumbuhan bawah, semai, sapihan, poles dan pohon pada hutan alam/areal konservasi PT. Arara Abadi di sajikan pada Tabel 1.

Pada Tabel 1, terlihat bahwa jenis tumbuhan bawah hanya ditemukan sebanyak 5 jenis namun tumbuhan pada tingkat semai sebanyak 26 jenis. Hal ini menunjukkan bahwa pada areal tersebut keberadaan tumbuhan bawah sangat sedikit disebabkan kurangnya intensitas cahaya yang masuk ke dalam lantai hutan. Pada areal penelitian intensitas cahaya yang masuk kedalam lantai hutan hanya sekitar 80% sehingga perkembangan jenis-jenis tumbuhan bawah akan terhambat.

Keragaman jenis tumbuhan menurun seiring dengan bertambahnya tingkat pertumbuhan tanaman dan meningkat lagi pada tingkat pohon. Hal ini menunjukkan pada areal tersebut terjadi persaingan pertumbuhan dalam mendapatkan intensitas cahaya, sedangkan pada tingkat pohon keberadaan mereka sudah menjadi jenis yang dominan sehingga intensitas cahaya merupakan bukan lagi sebagai faktor pembatas pertumbuhannya.

Jenis tumbuhan yang dominan pada hutan alam/areal konservasi PT. Arara Abadi pada tingkat semai yaitu *Santiria laevigata* dengan indeks nilai penting sebesar 46,51%, tingkat sapihan jenis *Litsea sp* sebesar 29,5%, tingkat poles jenis *Lithocarpus sp* sebesar 58,27% dan pada tingkat pohon jenis *Shorea sp* sebesar 45,42%. Menurut Smith (1977) jenis dominan adalah jenis yang dapat memanfaatkan lingkungan yang ditempatinya secara efisien daripada jenis lain dalam tempat yang sama. Dari pernyataan tersebut maka jenis-jenis *Santiria laevigata*, *Litsea sp*, *Lithocarpus sp* dan *Shorea sp* adalah jenis-jenis yang paling dapat memanfaatkan lingkungan dengan baik pada masing-masing tingkatan pertumbuhan tanaman.

**Tabel 1.** Indeks nilai penting tumbuhan bawah, semai, sapihan, poles dan pohon pada hutan alam/areal konservasi PT. Arara Abadi, Riau.

Nama spesies	Indeks Nilai Penting ( % )				
	Tumb. Bawah	Semai	Sapihan	Poles	Pohon
<i>Alpinia sp</i>	92,31	-	-	-	-
<i>Calamus sp</i>	46,15	-	-	-	-
Liana	30,77	-	-	-	-
Palm	15,38	-	-	-	-
<i>Smilax sp</i>	15,38	-	-	-	-
<i>Baccaurea sp</i>	-	10,87	25,75	-	-
Kenari	-	16,34	-	-	10,3
<i>Diospyros sumatrana</i>	-	5,47	-	-	-

<i>Palaquium sp</i>	-	8,21	9,75	26,36	26,03
<i>Santiria laevigata</i>	-	46,51	6,5	31,46	11,51
<i>Litsea sp</i>	-	11,83	29,5	-	8,54
<i>Archidendron bubalinum</i>	-	2,74	9,75	-	8,58
<i>Ochanostachys amentaceae</i>	-	5,47	13,5	-	8,62
<i>Lithocarpus sp</i>	-	8,21	13,5	58,27	34,42
<i>Horsfieldia sp</i>	-	2,74	6,5	25,26	-
<i>Gironniera subaequalis</i>	-	4,51	7,75	-	-
Ludai	-	2,74	-	27,24	-
<i>Shorea sumatrana</i>	-	2,74	-	-	9,56
<i>Polyanthia sp</i>	-	2,74	-	-	-
<i>Dillenia obovata</i>	-	7,16	3,25	-	8,22
Ramin	-	2,74	3,25	-	22,9
<i>Eugenia sp</i>	-	11,75	18	43,23	8,62
<i>Dialium sp</i>	-	14,49	12,25	21,5	-
<i>Garcinia mangostana</i>	-	2,74	-	-	-
<i>Rhodamnia cinerea</i>	-	6,36	3,25	-	8,5
<i>Shorea leprosula</i>	-	2,74	-	-	18,2
Balau	-	5,47	-	-	-
<i>Pometia pinnata</i>	-	3,62	-	23,48	-
<i>Artocarpus elastic</i>	-	2,74	3,25	-	9,12
<i>Challopylum sp</i>	-	5,47	5,75	21,5	-
<i>Cannarium sp</i>	-	3,62	-	-	-
Serempak	-	-	3,25	-	-
<i>Shorea sp</i>	-	-	3,25	21,7	45,42
<i>Macaranga sp</i>	-	-	7,75	-	-
<i>Scaphium macropodum</i>	-	-	7,75	-	-
<i>Durio sp</i>	-	-	3,25	-	-
<i>Plectronia conferta</i>	-	-	3,25	-	-
<i>Cratocylon arborescens</i>	-	-	-	-	8,62
<i>Scorodocarpus borneensis</i>	-	-	-	-	16,71
<i>Drypetes subsimetrica</i>	-	-	-	-	9,51
<i>Hopea mangarawan</i>	-	-	-	-	9,16
<i>Monocarpia marginalis</i>	-	-	-	-	17,72

Hasil identifikasi jenis tumbuhan bawah, tumbuhan tingkat semai, tumbuhan tingkat sapihan, tingkat poles dan pohon pada areal pasca panen di PT. Arara Abadi ditemukan sebanyak 8 jenis tumbuhan bawah dan 2 jenis tumbuhan pada tingkat semai. Pada tumbuhan tingkat sapihan, poles dan pohon pada areal ini tidak diketemukan. Adapun secara keseluruhan hasil identifikasi jenis dan indek nilai penting pada areal pasca panen PT. Arara Abadi disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Indek nilai penting tumbuhan bawah, semai, sapihan, poles dan pohon pada areal pasca panen di PT. Arara Abadi, Riau.

Nama spesies	Indek Nilai Penting ( % )				
	Tumb. Bawah	Semai	Sapihan	Poles	Pohon
<i>Cyperus rotundus</i>	37,29	-	-	-	-
<i>Stenochlaena palustris</i>	53,89	-	-	-	-
<i>Mikania micrantha</i>	13,03	-	-	-	-
<i>Ageratum conyzoides</i>	11,24	-	-	-	-
<i>Clidemia hirta</i>	9,45	-	-	-	-
<i>Dicranopteris lenearis</i>	33,72	-	-	-	-
<i>Imperata cylindrical</i>	9,45	-	-	-	-
<i>Echinochloa colonum</i>	31,93	-	-	-	-
<i>Acacia mangium</i>	-	172,22	-	-	-
<i>Eucalyptus pellita</i>	-	27,78	-	-	-

Dari Tabel 2 dapat dikemukakan bahwa jenis tumbuhan bawah yang mendominasi pada areal pasca panen tanah mineral di PT. Arara Abadi yaitu *Stenochlaena palustris* dengan indek nilai penting sebesar 53,89%, diikuti oleh *Cyperus rotundus* sebesar 37,29% dan jenis *Dicranopteris lenearis* sebesar 33,72%.

Tumbuhan pada tingkat semai hanya dijumpai 2 jenis, masing-masing dengan indek nilai penting sebesar 172,22% dan 27,78% yaitu jenis *Acacia mangium* dan *Eucalyptus pellita*.

Hasil identifikasi jenis tumbuhan bawah, tumbuhan tingkat semai, dan tumbuhan tingkat sapihan pada hutan tanaman *E. pellita* umur 1 tahun di PT. Arara Abadi ditemukan sebanyak 11 jenis tumbuhan bawah, 2 jenis tumbuhan tingkat semai dan 2 jenis tumbuhan pada tingkat sapihan. Pada tumbuhan tingkat poles dan pohon pada areal ini tidak diketemukan. Adapun secara keseluruhan hasil identifikasi jenis dan indek nilai penting pada hutan tanaman *E. pellita* umur 1 tahun PT. Arara Abadi disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Indek nilai penting tumbuhan bawah, semai, sapihan, poles dan pohon pada hutan tanaman *Eucalyptus pellita* umur 1 tahun di PT. Arara Abadi, Riau.

Nama spesies	Indek Nilai Penting ( % )				
	Tumb. Bawah	Semai	Sapihan	Poles	Pohon
<i>Mikania micrantha</i>	57,74	-	-	-	-
<i>Echinochloa colonum</i>	24,04	-	-	-	-
<i>Microlepis speluncae</i>	58,21	-	-	-	-
<i>Borreria leavis</i>	6,93	-	-	-	-
<i>Trisan sp</i>	18,01	-	-	-	-
<i>Clidemia hirta</i>	4,15	-	-	-	-
<i>Cyperus rotundus</i>	5,08	-	-	-	-
<i>Macaranga sp</i>	8,77	-	-	-	-
<i>Arthocarpus sp</i>	3,69	-	-	-	-
<i>Ficus sp</i>	3,69	-	-	-	-
<i>Imperata cylindrical</i>	9,69	-	-	-	-

<i>Acacia mangium</i>	-	162,39	34,19	-	-
<i>Eucalyptus pellita</i>	-	37,61	165,81	-	-

Berdasarkan Tabel 3 diatas dapat dikemukakan bahwa jenis tumbuhan bawah yang mendominasi pada areal hutan tanaman *E. pellita* tanah mineral umur 1 tahun di PT. Arara Abadi yaitu *Microlepidia speluncae* dengan indek nilai penting sebesar 58,21%, diikuti oleh *Mikania micrantha* sebesar 57,74% dan jenis *Echinocloa colonum* sebesar 24,04%. Tumbuhan pada tingkat semai dan tingkat sapihan masing-masing dijumpai 2 jenis tumbuhan yaitu jenis *Acacia mangium* dan *Eucalyptus pellita*.

Pada areal ini jenis *A. mangium* pada tingkat pertumbuhan semai lebih dominan dibandingkan jenis *E. pellita*, hal ini menunjukkan bahwa jenis *A. mangium* mempunyai sifat yang berpotensi invasif karena jenis tersebut tidak ditanam pada areal tersebut. Jenis tanaman *E. pellita* yang sudah berumur 1 tahun pada areal ini pertumbuhannya sudah masuk kedalam tingkatan sapihan, sehingga dominan pada tingkatan ini.

Hasil identifikasi jenis tumbuhan bawah, tumbuhan tingkat semai, tumbuhan tingkat sapihan, poles dan pohon pada hutan tanaman *E. pellita* umur 3 tahun di PT. Arara Abadi ditemukan sebanyak 12 jenis tumbuhan bawah, 2 jenis tumbuhan tingkat semai dan masing-masing 1 jenis tumbuhan pada tingkat sapihan dan poles. Pada tumbuhan tingkat pohon pada areal ini tidak diketemukan. Adapun secara keseluruhan hasil identifikasi jenis dan indek nilai penting pada hutan tanaman *E. pellita* umur 3 tahun PT. Arara Abadi disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Indek nilai penting tumbuhan bawah, semai, sapihan, poles dan pohon pada hutan tanaman *Eucalyptus pellita* umur 3 tahun di PT. Arara Abadi, Riau.

Nama spesies	Indek Nilai Penting ( % )				
	Tumb. Bawah	Semai	Sapihan	Poles	Pohon
<i>Asystasia gangetica</i>	86,51	-	-	-	-
<i>Stenochlaena palustris</i>	9,08	-	-	-	-
<i>Microlepidia speluncae</i>	41,81	-	-	-	-
<i>Mikania micrantha</i>	4,54	-	-	-	-
<i>Echinocloa colonum</i>	14,82	-	-	-	-
<i>Cyperus sp</i>	3,73	-	-	-	-
<i>Clidemia hirta</i>	3,73	-	-	-	-
<i>Blechnum orientale</i>	4,14	-	-	-	-
<i>Borreria leavis</i>	11,08	-	-	-	-
<i>Nephrolepis falcate</i>	5,74	-	-	-	-
<i>Merremia umbellate</i>	11,08	-	-	-	-
<i>Cardiospermum sp</i>	3,73	-	-	-	-
<i>Acacia crasicarpa</i>	-	40,00	-	-	-
<i>Acacia mangium</i>	-	160,00	-	-	-
<i>Eucalyptus pellita</i>	-	-	200,00	300,00	-

Berdasarkan Tabel 4 diatas dapat dikemukakan bahwa jenis tumbuhan bawah yang mendominasi pada areal hutan tanaman *E. pellita* tanah mineral umur 3 tahun di PT. Arara Abadi yaitu *Asystasia gangetica* dengan indek nilai penting sebesar 86,51%, diikuti oleh

*Microlepis speluncae* sebesar 41,81% dan jenis *Echinocloa colonum* sebesar 14,82%. Tumbuhan pada tingkat semai didominasi oleh jenis *A. crasicarpa* dan *A. mangium*, sedangkan tumbuhan tingkat sapihan dan poles jenis *Eucalyptus pellita*.

Pada areal ini jenis *A. mangium* dan *A. crasicarpa* pada tingkat pertumbuhan semai dijumpai padahal tidak dilakukan penanaman. Hal ini disebabkan masih tersimpannya biji-biji tanaman tersebut didalam tanah. Jenis tanaman *E. pellita* yang sudah berumur 3 tahun pada areal ini pertumbuhannya sudah masuk kedalam tingkatan sapihan dan poles sehingga dominan pada tingkatan tersebut.

Hasil identifikasi jenis tumbuhan bawah, tumbuhan tingkat semai, tumbuhan tingkat sapihan, poles dan pohon pada hutan tanaman *E. pellita* tanah mineral umur 5 tahun di PT. Arara Abadi ditemukan sebanyak 11 jenis tumbuhan bawah, 2 jenis tumbuhan tingkat semai, 2 jenis tumbuhan pada tingkat sapihan dan masing-masing 1 jenis tumbuhan pada tingkat poles dan pohon. Adapun secara keseluruhan hasil identifikasi jenis dan indek nilai penting pada hutan tanaman *E. pellita* umur 5 tahun PT. Arara Abadi disajikan pada Tabel 5.

**Tabel 5.**Indek nilai penting tumbuhan bawah, semai, sapihan, poles dan pohon pada hutan tanaman *Eucalyptus pellita* umur 5 tahun di PT. Arara Abadi, Riau.

Nama spesies	Indek Nilai Penting ( % )				
	Tumb. Bawah	Semai	Sapihan	Poles	Pohon
<i>Echinocloa colonum</i>	31,85	-	-	-	-
<i>Mikania micrantha</i>	27,64	-	-	-	-
<i>Microlepis speluncae</i>	38,34	-	-	-	-
<i>Stenochlaena palutris</i>	51,36	-	-	-	-
<i>Blechnum orientale</i>	13,13	-	-	-	-
<i>Cyperus sp</i>	3,00	-	-	-	-
<i>Eupatorium sp</i>	3,23	-	-	-	-
<i>Alpinia sp</i>	11,89	-	-	-	-
<i>Melastoma malabaticum</i>	3,45	-	-	-	-
<i>Trisan sp</i>	9,64	-	-	-	-
<i>Smilax sp</i>	6,45	-	-	-	-
<i>Acacia crasicarpa</i>	-	55,00	-	-	-
<i>Acacia mangium</i>	-	-	58,06	-	-
<i>Eucalyptus pellita</i>	-	145,00	141,94	300,00	300,00

Dari Tabel 5 diatas dapat dikemukakan bahwa jenis tumbuhan bawah yang mendominasi pada areal hutan tanaman *E. pellita* tanah mineral umur 5 tahun di PT. Arara Abadi yaitu *Stenochlaena palutris* dengan indek nilai penting sebesar 51,36%, diikuti oleh *Microlepis speluncae* sebesar 38,34% dan jenis *Echinocloa colonum* sebesar 31,85%. Tumbuhan pada tingkat semai dan sapihan selain dijumpai jenis utama ( *E. pellita* ) ditemukan jenis lainnya yaitu *A. mangium* dan *A. crasicarpa*. Jenis tanaman *E. pellita* yang sudah berumur 5 tahun pada areal ini pertumbuhannya sudah masuk kedalam tingkatan poles dan sedikit pohon sehingga dominan pada tingkatan tersebut.

Berdasarkan perbandingan dari beberapa areal yaitu areal pasca panen, areal hutan tanaman *E. pellita* umur 1 tahun, 3 tahun dan 5 tahun, secara umum dapat disebutkan

bahwa tumbuhan bawah seperti *Microlepis speluncae*, *Echinocloa colonum* dan *Stenochlaena polutris* merupakan jenis tumbuhan bawah yang sering dijumpai pada areal tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa jenis-jenis tumbuhan bawah tersebut mempunyai sifat toleransi yang cukup luas pada berbagai tingkat naungan, sehingga jenis-jenis tersebut dominan pada areal tersebut. Jenis dominan merupakan jenis tanaman yang dapat memanfaatkan lingkungan yang ditempatinya secara efisien daripada jenis lain dalam tempat yang sama ( Smith, 1977).

Hasil perhitungan indek kekayaan, keanekaragaman, kelimpahan dan kesamarataan jenis pada tingkat pohon, poles, sapihan, semai dan tumbuhan bawah pada kondisi areal hutan alam/konservasi, hutan tanaman *E. pellita* umur 5, 3, 1 tahun dan areal pasca panen disajikan pada Tabel 6, 7, 8, 9 dan 10.

Berdasarkan indek kekayaan jenis hutan alam/konservasi di PT. Arara Abadi mempunyai nilai yang paling tinggi dibandingkan dengan areal lainnya pada semua tingkatan tanaman kecuali pada tingkat tumbuhan bawah. Hal ini disebabkan intensitas cahaya yang masuk ke dalam lantai hutan sangat kecil sehingga peluang tumbuh kembangnya jenis-jenis tumbuhan bawah sangat kecil. Jenis-jenis tumbuhan bawah pada umumnya merupakan jenis pioner yang sangat membutuhkan cahaya dalam intensitas yang besar.

**Tabel 6.** Indek kekayaan, keanekaragaman, kelimpahan dan kesamarataan jenis pohon pada hutan alam/areal konservasi, hutan tanaman *Eucalyptus pellita* umur 1, 3 dan 5 tahun serta areal pasca panen di PT. Arara Abadi, Riau.

Parameter	Hutan Alam	Hutan Tanaman <i>Eucalyptus pellita</i>			Areal Pasca Panen
		5 Th	3 Th	1 Th	
Indek Kekayaan Margalef ( R )	5,720	0	-	-	-
Indek Keanekaragaman Shannon ( H' )	1,243	0	-	-	-
Indek Keanekaragaman Simpson ( Si )	0,067	1	-	-	-
Indek Kelimpahan Jenis ( Shannon )	3,465	1	-	-	-
Indek Kelimpahan Jenis ( Simpson )	14,955	1	-	-	-
Indek Kesamarataan ( E )	4,316	1	-	-	-

**Tabel 7.** Indek kekayaan, keanekaragaman, kelimpahan dan kesamarataan jenis tingkat poles pada hutan alam/areal konservasi, hutan tanaman *Eucalyptus pellita* umur 1, 3 dan 5 tahun serta areal pasca panen di PT. Arara Abadi, Riau.

Parameter	Hutan Alam	Hutan Tanaman <i>Eucalyptus pellita</i>			Areal Pasca Panen
		5 Th	3 Th	1 Th	
Indek Kekayaan Margalef ( R )	3,622	0	0	-	-
Indek Keanekaragaman Shannon ( H' )	0,973	0	0	-	-
Indek Keanekaragaman Simpson ( Si )	0,111	1	1	-	-
Indek Kelimpahan Jenis ( Shannon )	2,646	1	1	-	-

Indek Kelimpahan Jenis ( Simpson )	8,992	1	1	-	-
Indek Kesamarataan ( E )	3,398	1	1	-	-

**Tabel 8.** Indek kekayaan, keanekaragaman, kelimpahan dan kesamarataan jenis tingkat sapihan pada hutan alam/areal konservasi, hutan tanaman *Eucalyptus pellita* umur 1, 3 dan 5 tahun serta areal pasca panen di PT. Arara Abadi, Riau.

Parameter	Hutan Alam	Hutan Tanaman <i>Eucalyptus pellita</i>			Areal
		5 Th	3 Th	1 Th	Pasca Panen
Indek Kekayaan Margalef ( R )	4,792	0,230	0	0,228	-
Indek Keanekaragaman Shannon ( H' )	1,229	0,262	0	0,199	-
Indek Keanekaragaman Simpson ( Si )	0,069	0,586	1	0,715	-
Indek Kelimpahan Jenis ( Shannon )	3,419	1,299	1	1,22	-
Indek Kelimpahan Jenis ( Simpson )	14,503	1,707	1	1,398	-
Indek Kesamarataan ( E )	4,242	1,314	1	1,146	-

**Tabel 9.** Indek kekayaan, keanekaragaman, kelimpahan dan kesamarataan jenis tingkat semai pada hutan alam/areal konservasi, hutan tanaman *Eucalyptus pellita* umur 1, 3 dan 5 tahun serta areal pasca panen di PT. Arara Abadi, Riau.

Parameter	Hutan Alam	Hutan Tanaman <i>Eucalyptus pellita</i>			Areal
		5 Th	3 Th	1 Th	Pasca Panen
Indek Kekayaan Margalef ( R )	5,288	0,434	0,514	0,307	0,455
Indek Keanekaragaman Shannon ( H' )	1,247	0,255	0,217	0,21	0,175
Indek Keanekaragaman Simpson ( Si )	0,083	0,599	0,678	0,693	0,760
Indek Kelimpahan Jenis ( Shannon )	3,478	1,291	1,243	1,234	1,191
Indek Kelimpahan Jenis ( Simpson )	12,074	1,669	1,474	1,443	1,316
Indek Kesamarataan ( E )	3,472	1,293	1,186	1,17	1,105

**Tabel 10.** Indek kekayaan, keanekaragaman, kelimpahan dan kesamarataan jenis tumbuhan bawah pada hutan alam/areal konservasi, hutan tanaman *Eucalyptus pellita* umur 1, 3 dan 5 tahun serta areal pasca panen di PT. Arara Abadi, Riau.

Parameter	Hutan Alam	Hutan Tanaman <i>Eucalyptus pellita</i>			Areal
		5 Th	3 Th	1 Th	Pasca Panen
Indek Kekayaan Margalef ( R )	1,559	1,636	1,994	1,860	1,739
Indek Keanekaragaman Shannon ( H' )	0,598	0,884	0,797	0,830	0,820
Indek Keanekaragaman Simpson ( Si )	0,298	0,155	0,244	0,194	0,169

Indek Kelimpahan Jenis ( Shannon )	1,819	2,420	2,218	2,293	2,270
Indek Kelimpahan Jenis ( Simpson )	3,353	6,455	4,107	5,160	5,918
Indek Kesamarataan ( E )	1,843	2,667	1,851	2,251	2,607

Berdasarkan Tabel 6, 7, 8, 9 dan 10 di atas, nilai indek keanekaragaman jenis pada semua tingkatan tumbuhan kecuali tumbuhan bawah hutan alam/konservasi memiliki nilai yang paling tinggi dibandingkan areal lainnya. Besarnya nilai indek keanekaragaman jenis shannon pada hutan alam/konservasi berkisar 0,973 – 1,247 termasuk dalam katagori rendah. Keragaman tumbuhan (shannon indek) berkisar antara 0 – 4, dimana 0 sampai kurang dari 2 termasuk rendah, lebih dari 2 sampai kurang dari 3 termasuk sedang dan lebih dari 3 termasuk tinggi (Misra, 1980).

Keanekaragaman jenis di hutan tanaman *E. pellita* pada kelas umur 5, 3 dan 1 tahun tidak menunjukkan nilai perbedaan yang besar di tingkat tumbuhan bawah dan semai. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi di bawah tegakan tersebut tidak ada perbedaan yang mencolok dalam intensitas cahaya dan kelembaban udara meskipun umur tegakannya berbeda-beda. Sedangkan pada tingkatan sapihan, poles dan pohon mempunyai nilai yang berbeda-beda, hal ini disebabkan ada areal yang tingkat tumbuhannya belum sampai pada tingkat tersebut.

Nilai kelimpahan jenis di hutan alam/konservasi PT. Arara Abadi pada tingkatan semai sampai dengan pohon paling tinggi dibandingkan areal lain dengan nilai indek kelimpahan jenis 2 kali lipatnya. Namun, pada tingkatan tumbuhan bawah indek kelimpahan jenis di hutan alam/konservasi lebih kecil dibandingkan areal lainnya. Pada areal hutan tanaman *E. pellita* dan areal pasca panen nilai indek kelimpahan jenisnya hampir sama yaitu berkisar 2,2 – 2,4. Hal ini menjelaskan bahwa jenis-jenis tumbuhan bawah yang tumbuh pada areal tersebut hampir sama.

Indek kesamarataan jenis pada tingkatan semai, sapihan, poles dan pohon di areal hutan tanaman *E. pellita* mempunyai nilai yang hampir sama, namun sangat berbeda dengan nilai di hutan alam/konservasi. Pada tingkat tumbuhan bawah besarnya nilai indek kesamarataan di hutan alam/konservasi dengan hutan tanaman *E. pellita* umur 3 tahun hampir sama berkisar 1,8 dan di hutan tanaman *E. pellita* umur 5 tahun dan areal pasca panen juga hampir sama yaitu 2,6. Hal ini menunjukkan bahwa kedua pasangan areal tersebut hampir sama dalam hal tumbuhan bawahnya.

### **Keanekaragaman jenis makro fauna tanah**

Hasil identifikasi jenis makro fauna tanah di hutan alam/areal konservasi, hutan tanaman *E. pellita* umur 5, 3 dan 1 tahun serta areal pasca panen di PT. Arara Abadi, Riau masing-masing ditemukan berturut-turut 11 jenis, 10 jenis, 12 jenis, 12 jenis dan 6 jenis makro fauna tanah. Hasil perhitungan indek nilai penting dan jenis-jenis makro fauna tanah pada areal hutan alam/konservasi, hutan tanaman *E. pellita* umur 5, 3 dan 1 tahun serta areal pasca panen di PT. Arara Abadi di sajikan pada Tabel 11.

Dari Tabel 11, jenis makro fauna tanah yang sering dijumpai pada semua areal dan mempunyai indek nilai peting tinggi adalah jenis cacing tanah dan semut. Pada areal hutan alam/konservasi keberadaan cacing tanah sangat kecil bila dibandingkan dengan keempat areal yang lainnya. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh keberadaan cacing tanah di areal tersebut

pada kedalaman yang lebih dari 30 cm, sedangkan pada areal hutan tanaman di permukaan tanah.

Hasil perhitungan indek kekayaan, keanekaragaman, kelimpahan dan kesamarataan jenis makro fauna tanah di hutan alam/konservasi, hutan tanaman *E. pellita* umur 5, 3 dan 1 tahun serta pada areal pasca panen di PT. Arara Abadi disajikan pada Tabel 12.

**Tabel 11.** Indek nilai penting makro fauna tanah pada hutan alam/areal konservasi, hutan tanaman *Eucalyptus pellita* umur 1, 3 dan 5 tahun serta areal pasca panen di PT. Arara Abadi, Riau.

Nama spesies	Hutan Alam (Areal Konser- vasi)	INDEK NILAI PENTING ( % )			
		Hutan Tanaman <i>Eucalyptus pellita</i>			Areal Pasca Panen
		Umur 5 Th	Umur 3 Th	Umur 1 Th	
<i>Coptotermes</i>	5,29	8,34	3,78	6,90	5,00
<i>Lumbricus</i>	5,26	22,24	20,78	24,16	20,03
<i>Semut hitam</i>	15,80	13,93	17,01	13,81	35,04
<i>Semut merah</i>	21,09	19,47	5,67	17,25	15,02
<i>Laba-laba</i>	7,89	2,78	15,10	6,90	15,01
<i>Kumbang tanah</i>	7,89	2,78	1,89	3,45	-
<i>Kelabang</i>	13,16	5,56	17,00	6,90	10,01
<i>Kecoa</i>	5,26	5,56	1,89	6,90	-
<i>Babi-babi</i>	2,63	11,12	7,56	3,45	-
<i>Jangkrik</i>	10,53	-	-	-	-
<i>Tengau</i>	5,26	-	1,89	3,45	-
<i>Kutu putih</i>	-	8,33	5,66	-	-
<i>Belalang</i>	-	-	1,89	-	-
<i>Ulat jengkal</i>	-	-	-	3,45	-
<i>Diplura</i>	-	-	-	3,45	-

**Tabel 12.** Indek kekayaan, keanekaragaman, kelimpahan dan kesamarataan jenis makro fauna tanah pada hutan alam/areal konservasi, hutan tanaman *Eucalyptus pellita* umur 1, 3 dan 5 tahun serta areal pasca panen di PT. Arara Abadi, Riau.

Parameter	Hutan Alam	Hutan Tanaman <i>Eucalyptus pellita</i>			Areal Pasca Panen
		5 Th	3 Th	1 Th	
Indek Kekayaan Margalef ( R )	2,191	1,653	2,239	1,649	1,406
Indek Keanekaragaman Shannon ( H' )	1,747	1,565	1,718	1,275	1,145
Indek Keanekaragaman Simpson ( Si )	0,239	0,254	0,202	0,259	0,345
Indek Kelimpahan Jenis ( Shannon )	5,803	4,767	5,672	3,923	3,131
Indek Kelimpahan Jenis ( Simpson )	4,401	4,107	5,092	4,030	2,902
Indek Kesamarataan ( E )	0,756	0,853	0,920	1,131	0,927

Dari Tabel 12 tersebut di atas terlihat bahwa besarnya nilai indek kekayaan jenis pada areal hutan alam/konservasi dan hutan tanaman *E. pellita* umur 3 tahun mempunyai nilai yang

hampir sama yaitu 2,2. Kedua areal ini juga mempunyai nilai keanekaragaman, kelimpahan jenis yang hampir sama, namun kedua areal tersebut nilai kesamarataannya berbeda. Dari data tersebut dapat kita fahami bahwa jenis makro fauna tanah di dua lokasi areal tersebut tidak berbeda. Nilai keanekaragaman jenis makro fauna tanah di area hutan tanaman *Eucalyptus pellita* umur 5 tahun dan umur 1 tahun menunjukkan nilai yang hampir sama, sedangkan pada areal pasca panen nilainya sedikit lebih kecil dibandingkan dengan kedua areal tersebut. Menurut Sugiyarto (2000) diversitas makro fauna tanah berkorelasi negatif dengan tingkat penetrasi cahaya matahari. Hal ini menunjukkan bahwa jenis-jenis makro fauna tanah pada umumnya menyukai tempat-tempat yang terlindung dari cahaya matahari atau menghindari cahaya matahari.

### Kesimpulan

1. Keanekaragaman jenis flora di hutan alam/konservasi paling tinggi dibandingkan dengan hutan tanaman *E. pellita* umur 5, 3 dan 1 tahun di semua tingkatan tumbuhan kecuali tumbuhan bawah.
2. Pada hutan tanaman *E. pellita* umur 5, 3 dan 1 tahun serta areal pasca panen nilai keanekaragaman jenis flora hampir sama yaitu didominasi oleh jenis *Microlepidia speluncae*, *Echinocloa colonum* dan *Stenochlaena polutris*.
3. Nilai keanekaragaman jenis makro fauna tanah hutan alam/konservasi hampir sama dengan hutan tanaman *E. pellita* umur 3 tahun, dan hutan tanaman *E. pellita* umur 5 tahun dengan umur 1 tahun mempunyai nilai keanekaragaman yang hampir sama juga.
4. Jenis makro fauna tanah yang mendominasi pada semua areal penelitian adalah jenis cacing tanah dan semu

### Daftar Pustaka

- Indriyanto, 2006. Ekologi Hutan. PT. Bumi Aksara, Jakarta.
- Santosa, Y. 1995. Pelatihan Teknik Pengukuran dan Monitoring Biodiversity di Hutan Tropika Indonesia. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Soeranegara. I dan Indrawan A., 1998. Ekologi Hutan Indonesia. Laboratorium Ekologi Hutan. Fakultas Kehutanan. IPB, Bogor.
- Sumiyarso, 1995. Studi Komposisi dan Struktur Vegetasi Tumbuhan Bawah Tegakan *Acacia Mangium*. Tesis Pascasarjana UGM, Yogyakarta. Tidak Diterbitkan.
- Smith, R.L. 1977. Element of Ecology. Harper & Row, Publiser. New York.
- Misra, K.C. 1980. Manual of Plant Ecology. Second Edition. Oxford and IBH Publising Co. New Delhi

# Karakteristik Pelepasan Spora *Ganoderma applanatum*

Ira Taskirawati

Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin, Makassar

Email: tasqira@unhas.ac.id

## ABSTRAK

*Ganoderma* adalah jamur dengan tubuh buah perennial. Jamur ini banyak ditemukan pada pohon dan log. Khusus untuk *G. applanatum*, jamur pembusuk kayu, adalah salah satu spesies yang paling umum di daerah beriklim hangat seperti di Jepang. Di Indonesia, jenis lain dari spesies ini ditemukan banyak menyerang kelapa sawit. Jamur ini menghasilkan spora yang berlimpah. Namun, karakteristik jamur ini dalam melepaskan spora masih belum diketahui. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati karakteristik *Ganoderma applanatum* dalam melepaskan spora. Pengamatan dilakukan pada beberapa sporocarp dari *Ganoderma* yang tumbuh di taman kota dan hutan kakuma yang berada di Kanazawa, Jepang. Pengamatan yang dilakukan terdiri atas, rentan waktu (dalam satu tahun) *Ganoderma* melepaskan spora, dan jumlah serta ukuran spora yang dihasilkan. Pada awal bulan Mei, sporocarp *Ganoderma* mulai melepaskan spora, dan berakhir pada akhir bulan Oktober. Rata-rata jumlah spora yang dilepaskan oleh sporocarp meningkat pada bulan Juni ( $1,3 \times 10^7$  spores/cm<sup>2</sup>). Pada dua lokasi pengamatan, sporocarp melepaskan spora dengan jumlah yang berbeda secara signifikan (Kruskal-Wallis Tests; per cm<sup>2</sup>:  $\chi^2 = 125,35$ ; d.f = 9;  $P < 0,0001$ ). Sepanjang periode pelepasan spora, beberapa sporocarp melepaskan spora dengan ukuran spora yang bervariasi.

**Kata kunci:** *Ganoderma applanatum*, karakteristik-pelepasan, spora

## Pendahuluan

*Ganoderma applanatum* merupakan salah satu jenis jamur pembusuk kayu (*wood rotting fungi*). Ciri khas jamur ini adalah memiliki tubuh buah perennial dan memiliki spora dengan dinding luar spora yang tebal. Jamur ini sering ditemukan pada pohon yang masih hidup ataupun yang telah mati (log). Sangat mudah untuk mengenali jamur ini di lapangan. Secara keseluruhan bentuk tubuh buah jamur ini sangat mirip dengan *G. adspersum* namun fitur permukaan pori dan ukuran spora berbeda. Seringkali, ditemukan juga serangga di permukaan pori-pori (Breitenbach dan Kränzlin 1986; Buczacki 1989).

*G. Applanatum* adalah salah satu spesies yang paling umum di daerah beriklim hangat seperti di Jepang. Di Indonesia, jenis lain dari spesies ini ditemukan banyak menyerang kelapa sawit. Jamur ini menghasilkan spora yang berlimpah namun spora yang dihasilkan tidak aktif atau jika spora berkecambah maka perkecambahannya sangat lambat atau pada tingkat yang sangat rendah (Fries 1966 pada Lim 1977). Namun, belum banyak studi yang membahas karakteristik jamur ini dalam melepaskan spora. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati karakteristik *Ganoderma applanatum* dalam melepaskan spora.

## Bahan dan Metode

Pengamatan dilakukan pada beberapa sporocarp dari *Ganoderma applanatum* yang tumbuh di taman kota dan hutan kakuma yang berada di Kanazawa, Jepang. Pengamatan yang dilakukan terdiri atas:

### Pengumpulan spora

Spora dikumpulkan selama satu tahun. Spora ditampung menggunakan plat plastik berukuran 3,7x2,3x0,2 cm yang diletakkan di bawah *hymenoshope* selama 24 jam. Setiap plat plastik yang terdapat spora disuspensikan dalam 10 ml air suling untuk mengukur kerapatan spora. Kerapatan spora diukur dengan menggunakan hemocytometer di bawah mikroskop. Setiap sampel dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali.

### Pengukuran spora

Dua jenis data diambil untuk ukuran spora: ukuran luar dan ukuran dalam. Spora diukur di bawah mikroskop (x400) dengan bantuan kamera digital (Nikon Camera Head DS-L3). Tiga puluh spora dari setiap sporocarp dalam satu bulan diukur lebar dan panjang untuk dinding dalam dan luar serta ketebalannya. Ketebalan dinding luar dinyatakan sebagai setengah dari perbedaan antara lebar luar dan dalam. Pengukuran luas diwakili oleh luas penampang melintang ( $S$ ) yang menerapkan perhitungan daerah elips ( $S = \pi ab / 4$ )

### Analisis Data

Analisis regresi berganda digunakan untuk menilai hubungan antara produksi spora dan variabel lingkungan, yaitu: musim, suhu, kelembaban, karakteristik sporocarp (tinggi di atas tanah, ukuran, dan lokasi). Analisis statistik dilakukan dengan JMP 5.0 (SAS Institute, 2003).

Analisis korespondensi Canonical (CCA) diterapkan untuk menghubungkan kelimpahan kelompok taksonomi jamur dengan faktor lingkungan, yaitu ada tidaknya pelepasan spora, kerapatan spora, jumlah spora, lokasi, suhu dan kelembaban (Canoco ver 4.5) (ter Braak dan Smilauer 1998).

## Hasil dan Pembahasan

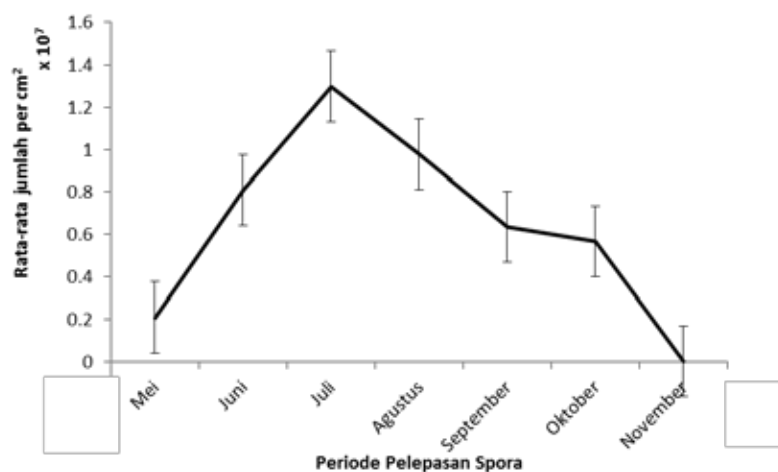
Sporocarp dari *Ganoderma* memiliki keunikan yaitu setiap tahun sporocarp akan membentuk lapisan hymenium baru. Jika sporocarp tidak lagi membentuk hymenium, berarti sporocarps sudah semakin tua dan seiring waktu akan membusuk dan mati. Jika sporocarps masih membentuk lapisan hymenium, berarti sporocarps masih akan menghasilkan spora.

### Produksi spora

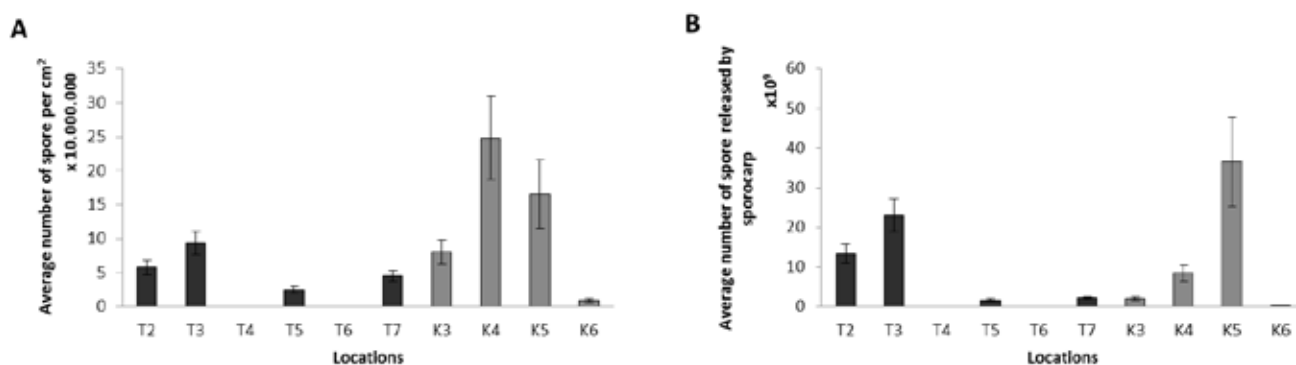
*Ganoderma applanatum* mulai melepaskan spora pada bulan Mei sampai dengan November. Antara bulan Desember (musim dingin) sampai April (awal musim semi), *Ganoderma* tidak melepaskan spora atau *Ganoderma* pada kondisi dorman. Rata-rata jumlah spora yang

dilepaskan oleh sporocarp meningkat pada bulan Juli ( $1,3 \times 10^7$  spores/cm<sup>2</sup>). Setelah bulan ini, produksi spora sudah mulai menurun sampai akhirnya berhenti pada bulan November. Penelitian yang dilakukan Taskirawati (2015) menyebutkan Juni sampai Agustus adalah waktu dimana sporocarp *Ganoderma* melepaskan spora, sedangkan Oktober akhir dan atau awal November merupakan waktu dimana sporocarp berhenti melepaskan spora. Pelepasan spora setiap bulan dapat dilihat pada Gambar 1.

Kerapatan dan kelimpahan spora yang dilepaskan pada masing-masing plot pengamatan dapat dilihat pada Gambar 2. Untuk sporocarp yang terdapat di Taman Kota, lokasi T3 merupakan lokasi dengan rata-rata jumlah spora terbanyak yang dilepaskan oleh sporocarp ( $9,3 \times 10^7$ /cm<sup>2</sup> dan  $2,3 \times 10^{10}$ /sporocarp). Untuk sporocarp yang terdapat di Hutan Kakuma, K4 dan K5 merupakan lokasi dengan rata-rata jumlah spora terbanyak yang dilepaskan oleh sporocarp (masing-masing  $2,5 \times 10^8$ /cm<sup>2</sup> dan  $3,7 \times 10^{10}$ /sporocarp). Pada dua lokasi pengamatan, sporocarp melepaskan spora dengan jumlah yang berbeda secara signifikan (Kruskal-Wallis Tests; per cm<sup>2</sup>:  $\chi^2 = 125,35$ ; d.f = 9;  $P < 0,0001$ ).



**Gambar 1.** Rata-rata jumlah spora yang dilepaskan oleh sporocarp setiap bulannya.



**Gambar 2.** Kerapatan (A) dan kelimpahan (B) spora yang dilepaskan pada masing-masing plot pengamatan

Produksi spora berbeda antara sporocarp. Pelepasan spora ditentukan oleh faktor-faktor yang berasal dari sporocarp sendiri (misalnya usia sporocarp) dan faktor yang berasal dari luar sporocarp (faktor lingkungan). Lokasi sporocarp merupakan faktor yang mempengaruhi

keberhasilan sporocarp untuk melepaskan spora. Sementara itu, perubahan musim juga menentukan jumlah produksi spora dengan sporocarp.

Pengaruh faktor lingkungan merupakan salah satu penyebab pelepasan spora oleh sporocarp dengan jumlah yang berbeda. Pada satu sporocarp, dari pengamatan awal (bulan Mei) sampai pengamatan terakhir (bulan November) akan muncul perubahan produksi spora. Pengamatan awal dilakukan pada bulan Mei menunjukkan bahwa hanya beberapa sporocarp yang sudah melepaskan spora. Seluruh sporocarps mulai melepaskan spora pada bulan Juni dan pelepasan spora tertinggi di bulan Juli. Sporocarp menghentikan pelepasan spora pada awal November. Menurut Kadowaki (2010) pelepasan spora oleh wood-rotting basidiomycete, *Ganoderma* adalah pola yang sangat berfluktuasi dan musiman. Diantara sporocarp yang diamati, dua sporocarp tidak menghasilkan spora selama pengamatan berlangsung.

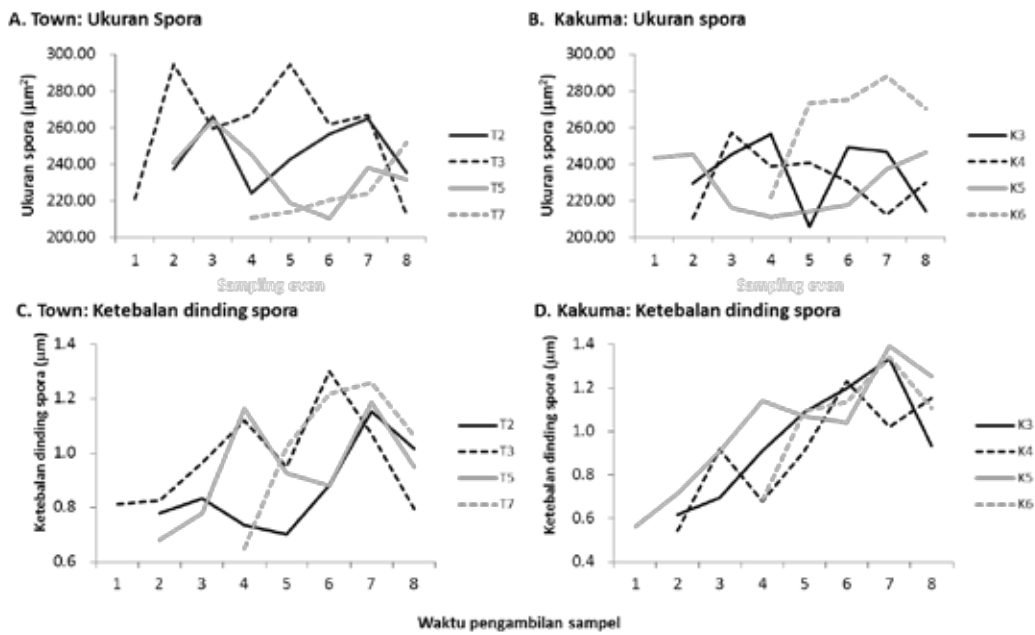
### **Perubahan ukuran dan ketebalan spora**

Sporocarp mengeluarkan spora dalam ukuran dan ketebalan dinding yang berbeda. Namun, hal ini tidak berlaku untuk semua sporocarp, beberapa sporocarp melepaskan spora dengan ukuran dan ketebalan dinding yang tidak berbeda secara signifikan (Gambar 3). Ukuran spora berkisar antara 205,61-294,33 $\mu\text{m}^2$ . Ukuran spora terbesar dilepaskan oleh sporocarp di T3. Ukuran spora terkecil dilepaskan oleh sporocarp di K3. Semua sporocarp kecuali di K6 memiliki perbedaan ukuran yang signifikan.

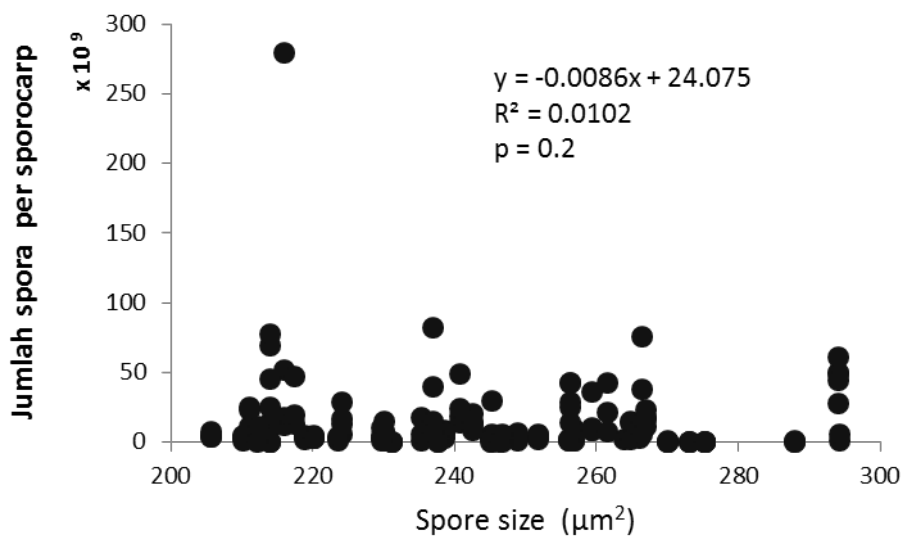
Ketebalan dinding spora berkisar antara 0,54-1,39 $\mu\text{m}$ . Spora yang dilepaskan oleh sporocarp K5 memiliki dinding spora yang lebih tebal (1,39  $\mu\text{m}$ ) jika dibandingkan dengan spora yang dilepaskan oleh sporocarp K4. Semua sporocarp (kecuali pada T7 dan K6) memiliki perbedaan ketebalan dinding yang signifikan.

### **Hubungan antara ukuran spora dengan kelimpahan spora**

Tidak terdapat hubungan antara ukuran spora dan kelimpahan spora per sporocarp ditunjukkan pada Gambar 4 (ANOVA,  $F = 1,66$ ;  $P = 0,2$  ). Saat sporocarp melepaskan spora dalam jumlah besar, ukuran spora tidak selalu besar atau kecil.



**Gambar 3.** Ukuran dan ketebalan dinding sel spora



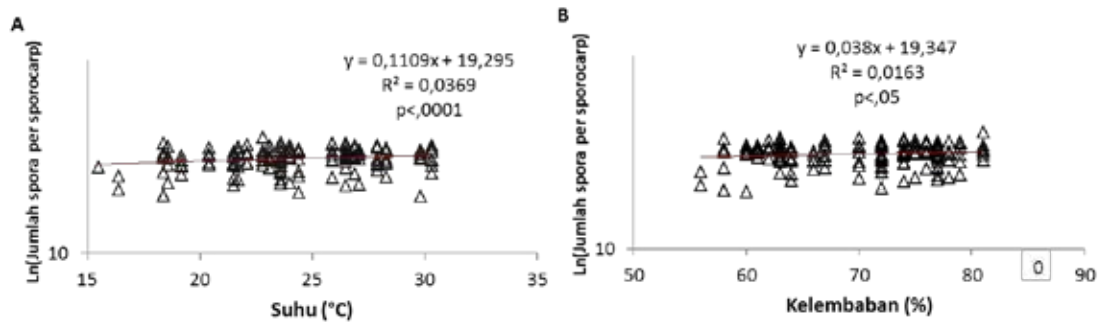
**Gambar 4.** Hubungan antara ukuran spora dan kelimpahan spora yang dilepaskan oleh sporocarp of *Ganoderma applanatum*.

Sporocarp akan melepaskan spora dengan ukuran yang berbeda. Ukuran spora dan kelimpahan berbeda antara sporocarp dan berubah dalam perjalanan waktu. Perubahan musiman juga memberi pengaruh terhadap ukuran spora. Namun, tidak ada hubungan antara ukuran spora dan kelimpahan yang dilepaskan. Pada saat sporocarp melepaskan spora dalam jumlah banyak, ukuran spora dilepaskan pada kesempatan itu bisa besar atau kecil.

### Pengaruh lingkungan terhadap kelimpahan spora

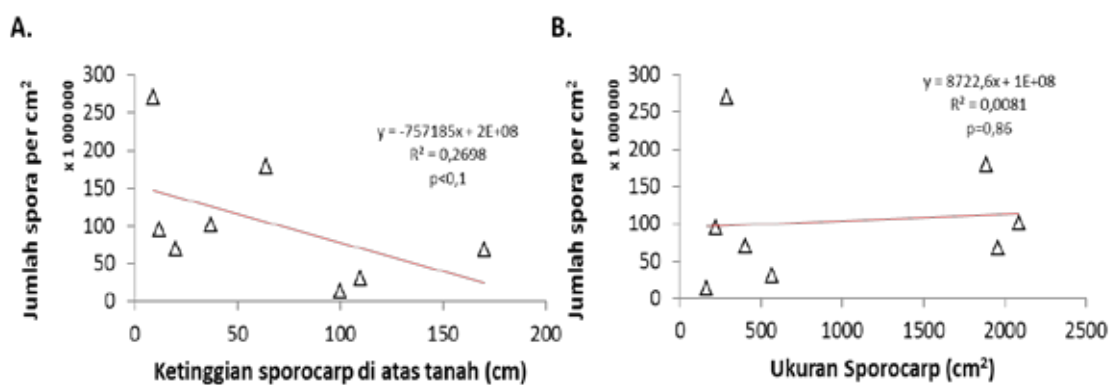
Empat komponen lingkungan diukur untuk melihat kaitannya dengan produksi spora: suhu, kelembaban, tinggi sporocarp di atas tanah dan ukuran sporocarp. Pengaruh variabel lingkungan terhadap pelepasan kelimpahan spora (suhu dan kelembaban relatif) yang

ditunjukkan pada Gambar 5. Suhu dan kelembaban relatif menunjukkan korelasi positif dengan pelepasan kelimpahan spora pada analisis model linier secara umum. Suhu berpengaruh secara signifikan terhadap pelepasan kelimpahan spora (ANOVA,  $F = 17,36$ ;  $P <,0001$ ; Gambar 5A). Kelembaban relatif berpengaruh secara signifikan terhadap pelepasan kelimpahan spora (ANOVA,  $F = 4,86$ ;  $P <,05$ ; Gambar 5B).



**Gambar 5.** Pengaruh variabel lingkungan terhadap kelimpahan spora: A. Suhu (°C); B. Kelembaban (%).

Pengaruh tinggi sporocarp di atas tanah dan ukuran sporocarp pada jumlah spora yang dilepaskan ditunjukkan pada Gambar 6. Tinggi sporocarp di atas tanah menunjukkan korelasi negatif dengan jumlah spora yang dilepaskan pada analisis model linier secara umum, namun berpengaruh secara signifikan terhadap jumlah spora yang dilepaskan (ANOVA,  $F = 26,63$ ;  $P <,0001$ ; Gambar 6A). Ukuran sporocarp menunjukkan korelasi positif dengan jumlah spora yang dilepaskan pada analisis model linier secara umum. Ukuran sporocarp memiliki pengaruh yang signifikan terhadap jumlah spora yang dilepaskan (ANOVA,  $F = 139,04$ ;  $P <,0001$ ; Gambar 6B).



**Gambar 6.** Pengaruh ketinggian sporocarp di atas tanah dan ukuran sporocarp terhadap jumlah spora yang dilepaskan: A. Ketinggian sporocarp di atas tanah (cm); B. Ukuran sporocarp ( $cm^2$ ).

## Kesimpulan

Pada awal bulan Mei, sporocarp *Ganoderma* mulai melepaskan spora, dan berakhir pada akhir bulan Oktober. Rata-rata jumlah spora yang dilepaskan oleh sporocarp meningkat pada bulan Juni ( $1.3 \times 10^7$  spores/cm<sup>2</sup>). Pada dua lokasi pengamatan, sporocarp melepaskan spora dengan jumlah yang berbeda secara signifikan (Kruskal-Wallis Tests; per cm<sup>2</sup>:  $\chi^2 = 125,35$ ; d.f = 9,  $P < 0,0001$ ). Sepanjang periode pelepasan spora, beberapa sporocarp melepaskan spora dengan ukuran spora yang bervariasi.

## Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DIKTI dan Universitas Hasanuddin untuk beasiswa serta kesempatan yang diberikan; juga ucapan terima kasih kepada Dr. Nobuko Tuno atas bimbingannya selama penyelesaian studi.

## Daftar Pustaka

- Buczacki S. 1989. *New Generation Guide to the Fungi of Britain and Europe*. William Collins Sons & Co. Ltd. London.
- Breitenbach J, Kränzlin F. 1986. *Fungi of Switzerland Volume 2*. Verlag Mykologia. Switzerland.
- Kadowaki K. 2010. *Wood-decaying Fungi and Beetle: A Multilateral Approach to Studying Fungus-Insect Communities*. PhD Thesis in Biological Science. The University of Auckland. (unpublished)
- Lim TM. 1977. Production, Germination and Dispersal of Basidiospores of *Ganoderma pseudoferreum* on Hevea. *Journal of the Rubber Research Institute of Malaysia*, 25(2): 93-99.
- SAS Institute. 2003. *JMP®8 User Guide, Second Edition*. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA.
- Taskirawati I. 2015. *Production and Dispersal of Basidiospores of *Ganoderma applanatum* in Japan*. PhD Thesis in Natural Science and Technology. Kanazawa University. (unpublished)
- ter Braak CJF, Smilauer P. 1998. *CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4)*. Microcomputer Power, Ithaca, NY. USA.

# **PRESENTASI POSTER**



# Pemanfaatan Bagas Sorgum untuk Papan Partikel dengan Perekat Isosianat: Pengaruh Suhu Kempa dan Ukuran Partikel

*Kurnia Wiji Prasetyo<sup>1</sup>, Firda Aulya Syamani<sup>1</sup>, Gina Bahtiar<sup>2</sup>, & Suryo Prabowo<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Pusat Penelitian Biomaterial LIPI Cibinong Bogor

<sup>2</sup>Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta

*Email: jundiazam@yahoo.com*

## ABSTRAK

Sebagai serat alami dan produk samping pertanian, bagas sorgum digunakan sebagai bahan yang potensial untuk panel komposit seperti papan partikel. Penelitian ini bertujuan untuk melihat karakteristik dari papan partikel berbahan bagas sorgum yang dipengaruhi oleh suhu kempa dan ukuran partikel. Hasil penelitian menunjukkan untuk sifat pengembangan tebal papan partikel bagas sorgum menjadi lebih kecil seiring dengan meningkatnya suhu kempa dan besaran ukuran partikel. Pada suhu kempa 150° C dan ukuran partikel 4-14 mesh menghasilkan papan partikel dengan nilai keteguhan patah, modulus elastisitas, keteguhan rekat dan kuat sekrup yang lebih tinggi dibandingkan komposisi lainnya. Secara umum, sifat fisik-mekanik papan partikel bagas sorgum memenuhi standar JIS A 5908:2003 Tipe 8.

**Kata kunci:** bagas sorgum, isosianat, sifat fisik-mekanik, suhu kempa, ukuran partikel

## Pendahuluan

Bertambahnya kepedulian pada lingkungan, peningkatan sampah secara global, menurunnya bahan bakar fosil dan semakin tingginya harga minyak bumi dunia mendorong dalam pemakaian sumber daya terbarukan (Dos Santos dkk. 2014). Papan partikel menjadi salah produk komposit yang populer untuk material dekorasi karena kerapatan yang rendah, insulasi panas yang baik, sebagai peredam suara dan sifat baik dalam permesinannya. Material lignoselulosa yang utama dipakai dalam industri papan partikel adalah kayu yang dikempa panas setelah dicampur dengan perekat (Yang dkk. 2014).

Semakin berkurangnya sumber partikel dari kayu untuk papan partikel mendorong industri mencari bahan baku alternatif bukan kayu untuk membuat papan partikel. Limbah pertanian memiliki potensi untuk dipilah, diproses dan disediakan sebagai bahan baku untuk pembuatan pulp, papan serat dan papan partikel (Ashori 2006). Beberapa penelitian telah dilakukan dalam penggunaan serat tanaman bukan kayu dan produk ikutan pertanian sebagai bahan baku papan partikel seperti bambu (Papadopoulos dkk. 2004), jerami padi (Zhang & Hu 2014), batang jagung (Guler dkk. 2016), kenaf (Okuda & Sato 2008), batang kelapa sawit (Baskaran dkk. 2013).

Pertanian sorgum mampu menghasilkan biomassa sekitar 20-30 ton/ha/3 bulan tergantung dari varietasnya. Batang sorgum yang telah diambil niranya masih mengandung 58,23% selulosa, 25,42% hemiselulosa dan 14,95% lignin (Thanapimmetha dkk. 2011). Untuk bagas sorgum manis sendiri memiliki selulosa 34,87%, hemiselulosa 33,95%, lignin 23,02%, ekstraktif 2,87% dan abu 4,20% (Kusumah dkk. 2016). Dari hal di atas, bagas sorgum sebagai

produk ikutan pertanian dan sumber serat alam memiliki potensi sebagai bahan baku untuk papan partikel menggantikan partikel kayu. Iswanto dkk. (2014) dan Khazaeian dkk. (2015) telah melakukan penelitian pembuatan papan partikel menggunakan bagas sorgum dengan perekat urea formaldehid, phenol formaldehida dan isosianat.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk memastikan kelayakan pemakaian partikel bagas sorgum sebagai bahan baku alternatif untuk papan partikel, yang menurut pengetahuan kami belum diteliti secara menyeluruh sebelumnya. Dalam penelitian ini akan dilihat mengenai (a) karakteristik papan partikel dari partikel bagas sorgum dan, (b) mempelajari pengaruh suhu kempa dan ukuran partikel yang berbeda terhadap sifat fisik dan mekanik papan partikel.

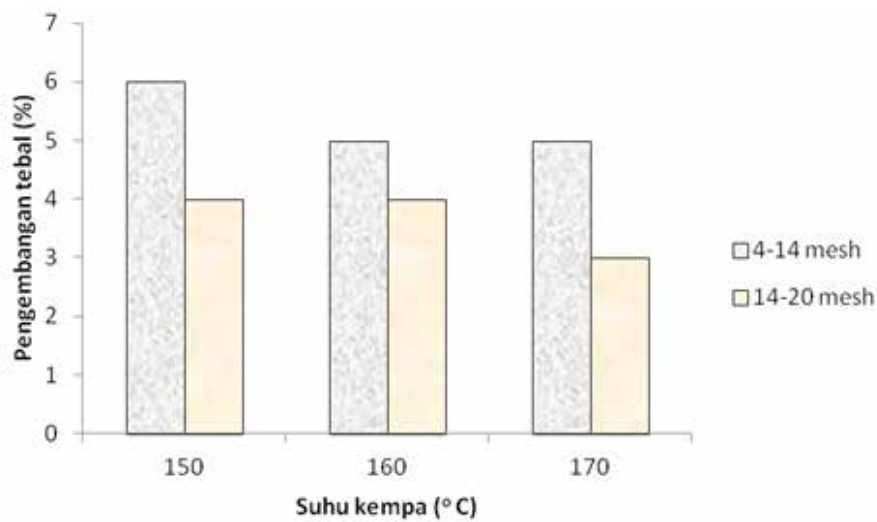
## **Bahan dan Metode**

Bagas sorgum yang dipakai dalam penelitian adalah jenis sorgum manis (*Sorghum bicolor* L. Monech) yang berasal dari lahan penelitian Pusat Inovasi LIPI Cibinong dan telah diambil niranya. Bagas sorgum diproses menjadi partikel menggunakan mesin ring flaker yang kemudian disaring menjadi 2 ukuran partikel yaitu lolos 4 mesh tertahan 14 mesh dan lolos 14 mesh tertahan 20 mesh. Partikel bagas sorgum hasil saringan dikeringkan dalam oven 60° C sampai kadar air di bawah 7%. Partikel kering bagas sorgum dicampur dengan perekat isosianat 10%. Papan partikel berukuran 25 x 25 x 0,9 cm dengan target kerapatan 0,8 g/cm<sup>3</sup> yang dikempa panas pada 3 variasi suhu yaitu 150° C, 160° C dan 170° C selama 10 menit serta tekanan 2,5 MPa. Papan partikel bagas sorgum yang telah dikempa panas kemudian dikondisikan selama 7 hari untuk persiapan pengujian sifat fisik dan mekanik berdasarkan standar JIS A 5908:2003.

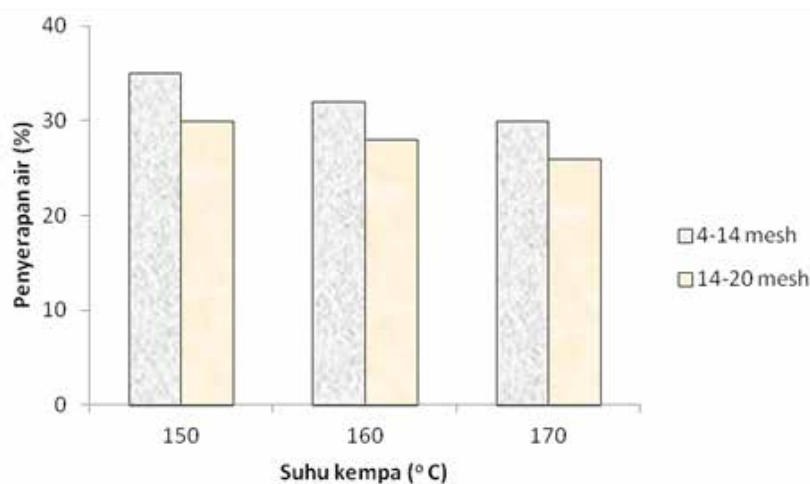
## **Hasil dan Pembahasan**

### **Sifat fisik papan partikel**

Secara umum kerapatan dari papan partikel yang telah dibuat belum mencapai kerapatan target yaitu 0,8 g/cm<sup>3</sup>. Kerapatan papan partikel berkisar antara 0,62-0,72 g/cm<sup>3</sup> atau berkurang sekitar 10-20% dari kerapatan target. Untuk kadar air papan partikel yang dihasilkan berkisar 11-13%. Sampel dari masing-masing papan partikel digunakan untuk mengevaluasi stabilitas dimensi dalam hal pengembangan tebal (PT) dan penyerapan air (PA). Sampel direndam dalam air selama 24 jam. Berat dan ketebalan diukur sebelum dan sesudah sampel direndam. Efek dari variasi suhu kempa dan ukuran partikel terhadap PT dan PA setelah uji perendaman air selama 24 jam pada kondisi sekitar ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Histogram pengembangan tebal papan partikel bagas sorgum



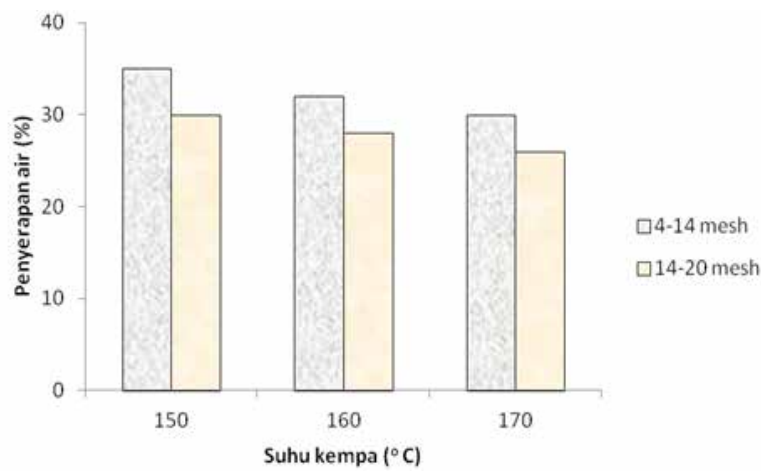
Gambar 2. Histogram nilai penyerapan air dari papan partikel bagas sorgum

Dapat dilihat dengan meningkatnya konsentrasi perekat isosianat dan semakin kecil ukuran partikel mampu memperbaiki sifat PT dan PA papan partikel. Nilai PT berkisar antara 3-6% untuk perendaman selama 24 jam. Nilai PT dari papan partikel memenuhi persyaratan JIS A 5908: 2003 untuk tipe 8 yang nilainya maksimum 12%. Dalam penelitian Steckel dkk. (2007) menyebutkan bahwa ukuran partikel yang lebih besar menyebabkan penyerapan air lebih tinggi yang berpengaruh terhadap pengembangan tebal. Hal ini dapat dijelaskan melalui dua konsep yaitu partikel yang lebih besar menyebabkan permukaan yang bersifat hidrofilik menjadi terbuka lebih besar; dan adesi yang buruk antara partikel kayu dan matriks menghasilkan ruang kosong di sekitar partikel kayu sehingga rongga tersebut diisi air. Penelitian Iswanto dkk. (2014) menghasilkan papan partikel batang sorgum dengan perekat isosianat 7% pada suhu 150° C dan 160° C yang memiliki nilai pengembangan tebal masih di atas 12% sehingga tidak masuk standar JIS A 5908:2003. Sedangkan hasil penelitian Kusumah dkk. (2016) dalam pembuatan papan partikel bagas sorgum manis dengan perekat isosianat 8% dan suhu kempa 180° C memiliki nilai pengembangan tebal 23,1% dan penyerapan air 35,26% sehingga belum masuk standar JIS A 5908:2003

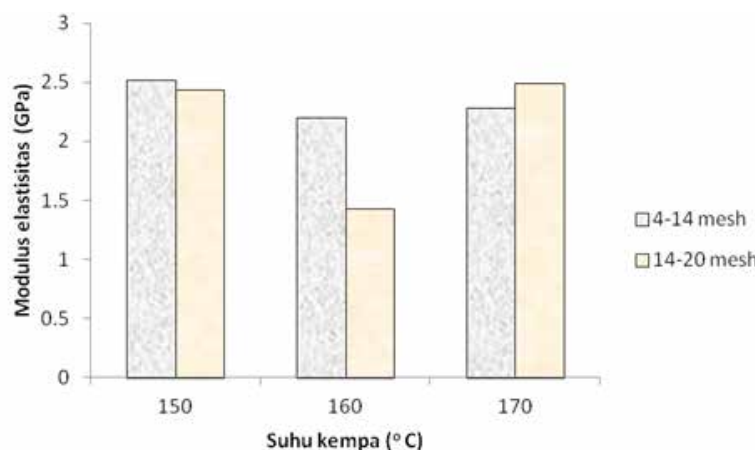
### Sifat mekanik papan partikel

Sifat mekanik papan partikel bagas sorgum ditampilkan dalam Gambar 3, 4, 5 dan 6. Terlihat bahwa nilai keteguhan patah (KP), modulus elastisitas (ME), keteguhan rekat (KR) dan kuat pegang sekrup (KPS) memiliki kecenderungan yang sama dimana papan partikel dengan ukuran yang lebih kecil yaitu 4-14 mesh memiliki besaran yang lebih tinggi dibanding 14-20 mesh.

Nilai KP papan partikel berkisar 11,82-17,35 MPa yang menunjukkan telah masuk dalam standar JIS A 5908:2003 yang nilai minimumnya 8 MPa. Sedangkan nilai ME berkisar antara 1,43-2,52 GPa. Bisa dikatakan papan partikel bagas sorgum masuk dalam kategori Tipe 8 bahkan ada yang Tipe 13 dilihat dari nilai KP dan ME yaitu pada papan partikel dari partikel ukuran 4-14 mesh dan suhu kempa 150° C. Meskipun dengan meningkatnya suhu kempa secara umum berakibat menurunkan nilai KP dan ME namun masih masuk dalam batas minimum standar JIS A 5908:2003.



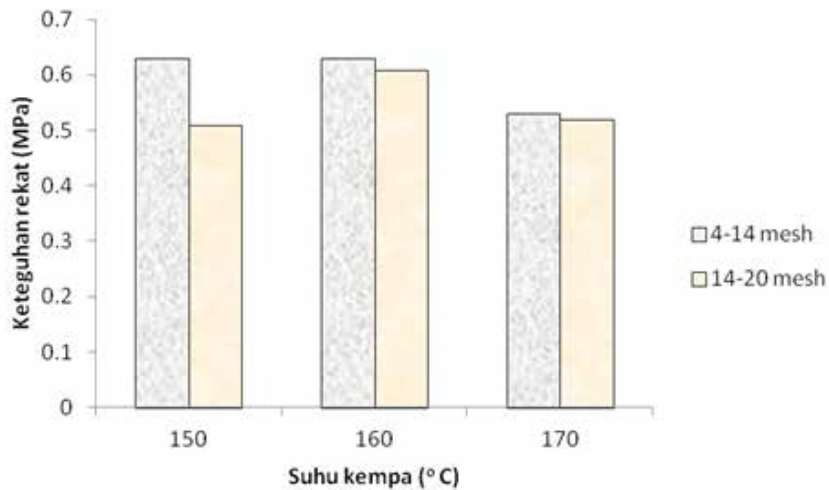
**Gambar 3.** Histogram keteguhan patah papan partikel bagas sorgum



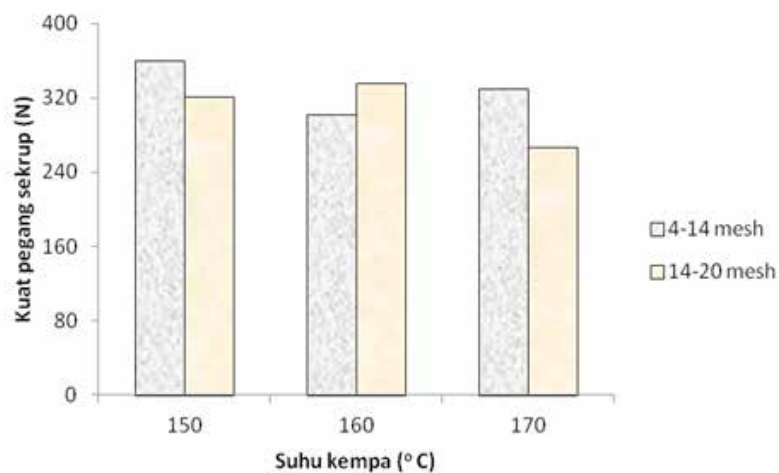
**Gambar 4.** Histogram nilai modulus elastisitas papan partikel bagas sorgum

Hasil penelitian Iswanto dkk. (2014) menyebutkan bahwa papan partikel bagas sorgum dengan perekat isosianat 7% dan suhu kempa 150° C dan 160° C dalam waktu 8 dan 10 menit juga telah memenuhi standar JIS A 5908:2003 untuk nilai KP dan ME. Dalam penelitian ini

dipakai isosianat 10% yang juga menghasilkan papan partikel bagas sorgum dengan nilai KP dan ME yang memenuhi standar JIS A 5908:2003. Papan partikel batang sorgum yang dibuat oleh Khazaeian dkk. (2015) dengan perekat UF 8% dan ukuran partikel 20 dan 40 mesh memiliki nilai KP rata-rata di atas 8 MPa namun nilai ME masih di bawah 2 GPa. Hal tersebut sejalan dengan penelitian ini dimana ukuran partikel berpengaruh terhadap nilai KP dan ME papan partikel bagas sorgum.



**Gambar 5.** Histogram besaran keteguhan rekat papan partikel bagas sorgum



**Gambar 6.** Histogram nilai kuat pegang sekrup papan partikel bagas sorgum

Besaran KR papan partikel tinggi, berkisar antara 0,50 sampai 0,63 MPa. Nilai KR telah memenuhi persyaratan minimum standar JIS A 5908: 2003 sebesar 0,15 MPa. Bahkan rata-rata nilai KR papan partikel bagas sorgum masuk dalam Tipe 18. Adapun nilai KPS papan partikel rata-rata telah memenuhi standar JIS A 5908:2003 dengan nilai minimum 300 N. Nilai KR dan KPS lebih tinggi pada papan partikel yang terbuat dari partikel ukuran lebih kecil yaitu 4-14 mesh seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 dan 6. Ini adalah fakta yang menunjukkan bahwa rasio kelangsingan memainkan peran penting dalam pengembangan garis antar partikel (Moslemi 1973).

Sifat kekuatan ikatan yang lebih tinggi dari papan partikel yang terbuat dari partikel berukuran lebih kecil dan seragam dapat dikaitkan dengan pengembangan garis rekat yang lebih baik karena geometri partikelnya. Iswanto dkk. (2015) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa meningkatnya suhu kempa dan waktu kempa mampu memperbaiki nilai KR papan partikel bagas sorgum dengan perekat UF, PF dan isosianat. Hal tersebut berkaitan dengan waktu pematangan perekat, menurunnya keterbasahan partikel dan peningkatan luas permukaan partikel.

### Kesimpulan

Penelitian ini mampu membuktikan kelayakan dari partikel bagas sorgum manis sebagai bahan baku untuk papan partikel dengan perekat isosianat. Secara umum sifat fisik dan mekanik papan partikel dari bagas sorgum dalam penelitian ini terpengaruh cukup signifikan dengan adanya perbedaan ukuran partikel dan variasi suhu kempa. Besaran nilai dari sifat fisik dan mekanik papan partikel bagas sorgum telah memenuhi standar JIS A 5908:2003 untuk Tipe 8. Papan partikel yang terbuat dari partikel berukuran 4-14 mesh dan dikempa pada suhu 150° C memiliki nilai PT, PA, KP, ME, KR dan KPS lebih tinggi dibandingkan papan partikel dengan variasi yang lain. Bahkan nilainya bisa masuk pada Tipe 13 dan 18 menurut standar JIS A 5908:2003. Bisa dikatakan bahwa papan partikel bagas sorgum ini bisa digunakan untuk aplikasi interior maupun eksterior, seperti komponen furnitur, panel dinding dan sebagainya.

### Daftar Pustaka

- Ashori A. 2006. Non-wood fiber: A potential source of raw material in papermaking. *Journal of Polymer-Plastic Technology and Engineering* 45(10): 1133-1136.
- Baskaran M, Hashima R, Sudesh K, Sulaimana O, Hiziroglu S, Arai T, Kosugi A. 2013. Influence of steam treatment on the properties of particleboard made from oil palm trunk with addition of polyhydroxyalkanoates. *Industrial Crops and Products* 51: 334– 341.
- Dos Santos MFN, Battistelle RAG, Bezerra BS, Varum HSA. 2014. Comparative study of the life cycle assessment of particleboards made of residues from sugarcane bagasse (*Saccharum spp.*) and pine wood shavings (*Pinus elliottii*). *Jurnal of Cleaner Production* 64: 345-355.
- Guler C, Sahin HI, Yeniay S. 2016. The Potential for Using Corn Stalks as A Raw Material for Production Particleboard with Industrial Wood Chips. *Journal of Wood Research* 61 (2): 299-306.
- Iswanto AH, Azhar I, Supriyanto, Susilowati A. 2014. Effect of resin type, pressing temperature and time on particleboard properties made from sorghum bagasse. *Agriculture, Forestry and Fisheries* 3 (2): 62-66.
- Japanese Industrial Standard. 2003. JIS A 5908-2003 Particleboards. Japanese Standard Association, Tokyo, Japan.
- Khazaeian A, Ashori A, Dizay, MY. 2015. Suitability of sorghum stalk fibers for production of particleboard. *Journal Carbohydrate Polymers* 120: 15-21.

- Kusumah SS, Umemura K, Yoshioka K, Miyafuji H. 2016. Utilization of sweet sorghum baggase and citric acid for manufacturing of particleboard I: Effects of pre-drying treatment and citric acid content on the board properties. *Jurnal Industrial Crops and Products* 84: 34-42.
- Moslemi AA. 1973. Particleboard. Volume 1: Materials. USA: Southern Illinois University.
- Okuda N, Sato M. 2008. Bond durability of kenaf core binderless boards. II: Outdoor exposure test. *Journal of Wood Science*. 54: 36-44.
- Papadopoulos AN, Hill CAS, Gkaraveli A, Ntalos GA, Karastergiou SP. 2004. Bamboo chips (*Bambusa vulgaris*) as an alternative lignocellulosic raw material for particleboard manufacture. *Holz als Roh- und Werkstoff*. 62: 36-39.
- Steckel V, Clemons CM, Thoemen H. 2007. Effects of material parameters on the diffusion and sorption properties of wood-flour/polypropylene composites. *Journal of Applied Polymer Science* 103(2):752-763.
- Thanapimmetha A, Vuttibunchon K, Saisriyoot M, Srinophakun P. 2011. Chemical and microbial hydrolysis of sweet sorghum bagasse for ethanol production. *Proceeding in World Renewable Energy Congress 2011 at Sweden 8-13 Mei 2011, Linkoping, Swedia*.
- Yang F, Fei B, Wu Z, Peng I, Yu Y. 2014. Selected properties of corrugated particleboards made from bamboo waste (*Phyllostachys edulis*) laminated with medium-density fiberboard panes. *Bioresources* 9(1): 1085-1096.
- Zhang L, Hu Y. 2014. Novel lignocellulosic hybrid particleboard composites made from rice straws and coir fibers. *Materials and Design* 55: 19-26.

# Rendemen dan Sifat Pengerjaan Kayu Jati (*Tectona grandis* L. f.) Hutan Rakyat Umur 10 Tahun dan 15 Tahun

Aditya Darmawan Sinatrya<sup>1</sup> & Tomy Listyanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Diploma III Pengelolaan Hutan Sekolah Vokasi, UGM

<sup>2</sup>Departemen Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan

Email: tomy.listyanto@gadjahmada.edu

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai rendemen dan sifat pengerjaan kayu jati umur 10 tahun dan 15 tahun sebagai bahan baku mebel. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah jati umur 10 tahun dan 15 tahun sebanyak masing-masing 3 pohon. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap yang disusun secara faktorial. Faktor yang digunakan adalah faktor umur, terdiri dari umur 10 dan 15 tahun dan faktor aksial kayu yaitu pangkal, tengah dan ujung. Parameter yang diamati antar lain sifat pembelahan, pengeboran, pembubutan, pengetaman, dan pengampelasan. Parameter kayu yang diamati selanjutnya diuji dengan analisis varian dengan taraf uji 5%, jika terjadi perbedaan maka diuji lanjut dengan *Tukey Honestly Significant Different*. Hasil penelitian didapat bahwa faktor umur dan faktor letak aksial tidak berbeda nyata pada saat pengetaman, pengampelasan, pengeboran, pembelahan dan pembubutan. Nilai rata-rata persentase cacat pada umur 10 tahun dan 15 tahun berturut-turut untuk pengetaman pada pangkal 17,02% dan 15,40 %; tengah 9,76% dan 16,65%; ujung 15,55% dan 24,27%, untuk pengampelasan pada pangkal 0,59% dan 2,23% ; tengah 4,37% dan 13,17%; ujung 3,15% dan 8,16%, untuk pengeboran pada pangkal 37,46% dan 41,77%; tengah 43,83% dan 40,35%; ujung 42,51% dan 40,09%, untuk pembelahan pada bagian pangkal 32,33% dan 18,71%, tengah 19,37% dan 20,24%, ujung 11,83% dan 16,55%. Berdasarkan sifat pengerjaan tersebut secara umum kayu jati umur 10 tahun dan 15 tahun sama-sama memiliki kualitas pengerjaan I-III (sangat baik sampai sedang) dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku meubel dengan kualitas yang sama.

**Kata kunci:** jati muda, pengerjaan, rendemen

## Pendahuluan

Kayu Jati (*Tectona grandis* L. f.) merupakan salah satu jenis kayu yang paling diminati oleh masyarakat sejak dahulu karena memiliki corak yang unik dan elegan, kuat, awet, stabil, dan mudah dikerjakan. Meskipun keras dan kuat, kayu jati mudah dipotong dan dikerjakan, sehingga disukai untuk membuat [furniture](#) dan ukir-ukiran. Pola-pola lingkaran tahun pada kayu teras nampak jelas, sehingga menghasilkan gambaran yang indah. Dengan kehalusan tekstur dan keindahan warna kayunya, jati digolongkan sebagai kayu mewah. Selain mudah dikerjakan, kayu jati memiliki kelas kuat II dan kelas awet I - II (Oey Djoen Seng, 1964). Oleh karena itu, jati banyak diolah menjadi mebel taman, mebel interior, dan kerajinan. Kebutuhan akan kayu jati meningkat berkisar 13-17% setiap tahunnya (Mawardi, 2012)

Permasalahan mendasar saat ini yang sering dijumpai adalah keterbatasan pengetahuan tentang perkiraan hasil penggergajian kayu jati glondongan (log) menjadi sortimen tertentu. Faktor yang mempengaruhi rendemen dan sifat pengerjaan kayu diantaranya adalah umur pohon dan posisi aksial dalam batang. Umur pohon diduga mempengaruhi rendemen dan sifat pengerjaannya kaitannya dengan perbedaan besaran diameter, proporsi kayu gubal dan kayu

teras, dan kayu juvenile dan kayu dewasa. Misalnya, Krisdianto dan Sumarni (2006) menjelaskan proporsi bagian teras kayu jati umur 7 tahun asal Kalimantan Timur sebesar 39,6%. Damayanti (2010) menyatakan kayu jati umur 4 dan 5 tahun asal Tegal sebesar 21,8%. Secara umum, proporsi kayu teras pada pohon yang muda lebih sedikit (Harris 1986; Kininmonth 1986). Pandit (1996) mengemukakan tentang teori pembentukan kayu teras, salah satunya adalah proses penuaan (*ageing process*), yaitu semakin tua suatu pohon, maka persentase kayu teras yang terbentuk juga semakin besar, sedangkan bagian gubal merupakan jaringan pohon yang masih hidup, yang diperlukan pohon dalam proses pertumbuhan. Kebutuhan kayu jati yang terus meningkat, menjadikan tekanan terhadap petani untuk memanen pada umur muda. Kondisi ini mendorong perlunya informasi terkait pengaruh perbedaan umur terhadap pemanfaatannya sebagai bahan baku mebel.

Letak sampel dalam posisi aksial batang juga dalam batas-batas tertentu diduga mempengaruhi rendemen dan sifat pengerjaan. Bagian bawah batang memiliki kecenderungan memiliki proporsi kayu teras yang lebih besar dan pada batas-batas umur tertentu mulai didominasi oleh kayu dewasa sebagai akibat dari mekanisme pertumbuhan lateral, dibandingkan bagian ujung yang didominasi oleh pertumbuhan apikal. Kayu-kayu yang didominasi oleh hasil pertumbuhan apikal maka kayunya termasuk kayu juvenile. Kayu yang didominasi oleh kayu juvenile diduga memiliki sifat pengerjaan yang berbeda. Lama periode juvenil bervariasi antar species, menurut Panshin dan de Zeeuw (1980) serta Brosyen et al (2005) berkisar antara 5 sampai 20 lingkaran tahun pertama. Mempertimbangkan berbagai alasan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rendemen dan sifat pengerjaan dari kayu jati umur 10 tahun dan 15 tahun pada berbagai posisi aksial. Informasi tersebut bermanfaat untuk memberikan gambaran sejauhmana pohon jati yang lebih muda dapat digunakan sebagai bahan baku mebel berdasarkan rendemen dan sifat pengerjaannya.

## Bahan dan Metode

Pohon jati umur 10 tahun dan 15 tahun sebanyak 6 pohon diperoleh dari hutan rakyat di Desa Banjarharjo, Kec. Kalibawang, Kab. Kulon Progo. Setiap pohon dibagi menjadi 3 bagian dengan panjang 3 m. Setiap log selanjutnya digergaji secara searah (*live sawing*) dengan tebal 2 cm dan lebar maksimal yang dapat diperoleh (bebas pingul/kulit). Volume log, sortimen, dan rendemen dihitung dengan formula sebagai berikut.

$$\text{Volume kayu log} = \pi (\phi)^2 L \quad (1)$$

Dimana  $\phi$  = diameter Log dan L adalah Panjang Log.

$$\text{Perhitungan sortimen} = P \times L \times T \quad (2)$$

Dimana, P = Panjang sortimen, L = lebar sortimen, T = Tebal sortimen

Rendemen dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Rendemen (\%)} = \left( \frac{\text{volumesortimen}}{\text{volume kayu log}} \right) \times 100\% \quad (3)$$

Setelah dihitung rendemennya, papan yang dekat dengan empulur digunakan untuk uji contoh uji sifat fisika, mekanika dan pengerjaan. Pembuatan contoh uji berat jenis dan kekerasan kayu mengacu sesuai dengan British Standar B.S. 373 (1957). Pembuatan contoh uji sifat pengerjaan mengacu kepada ASTM (2002)D 1666-64 yang disesuaikan (Gambar 1)

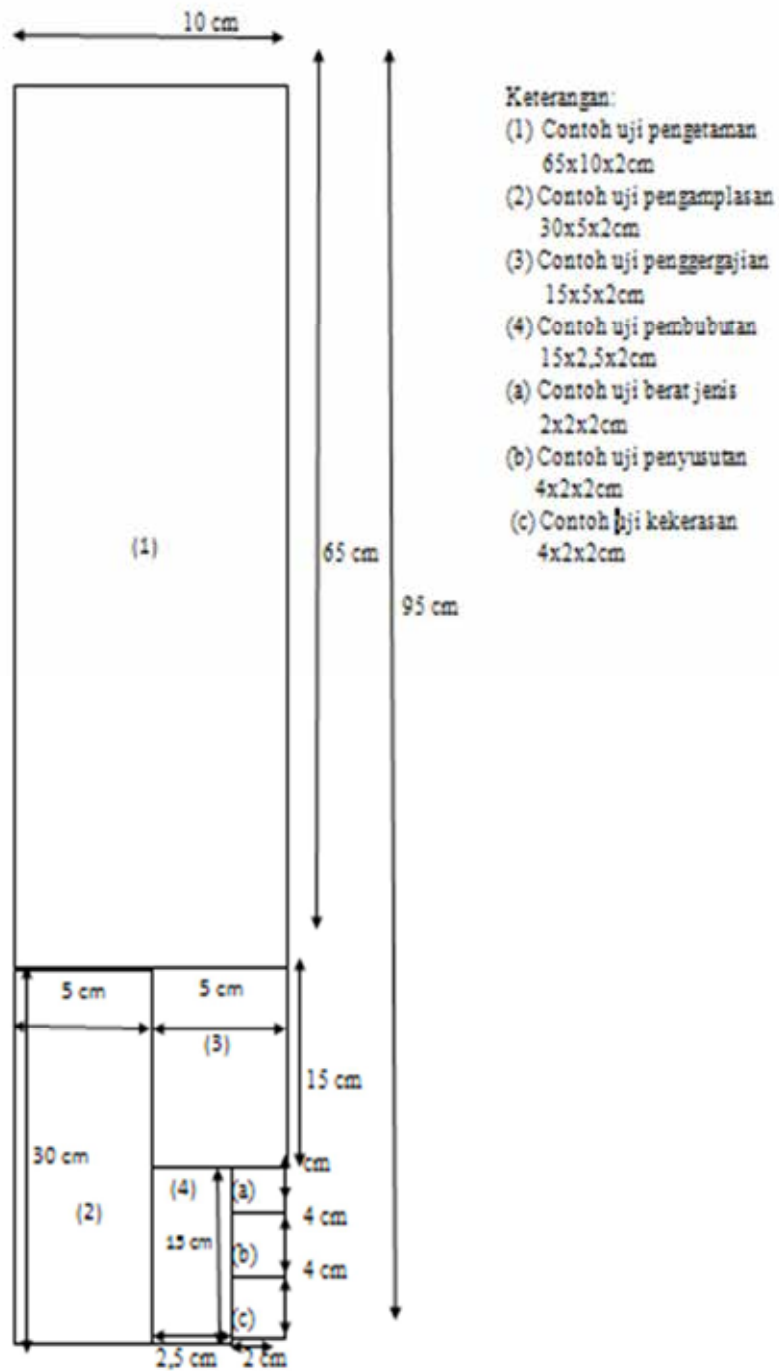
Sampel uji sifat pengerjaan diuji berdasarkan parameter pengerjaannya. Berdasarkan standar ASTM sifat pengerjaan dapat dihitung dengan mengamati cacat yang ditimbulkan, berupa serat terangkat (*raised grain*), serat berbulu (*fuzzy grain*), serat tercabik (*torn grain*), dan tanda serpih (*chip grain*), dan kehalusan, kemudian dicari berapa persen cacat yang terjadi dari luasan yang diamati.

$$\text{Cacat (\%)} = \frac{\text{luas cacat}}{\text{luas permukaan}} \times 100\% \quad (4)$$

Kualitas dari hasil pengujian sifat pengerjaan kayu ditentukan berdasarkan Abdurachman dan Karnasudirdja (1982), seperti disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Klasifikasi Sifat Pengerjaan Kayu berdasarkan Abdurachman & Karnasudirdja (1982)

Kelas	Nilai Bebas Cacat (%)	Sifat Pengerjaan
I	81-100	Sangat Baik
II	61-80	Baik
III	41-60	Sedang
IV	21-40	Jelek
V	0-20	Sangat Jelek



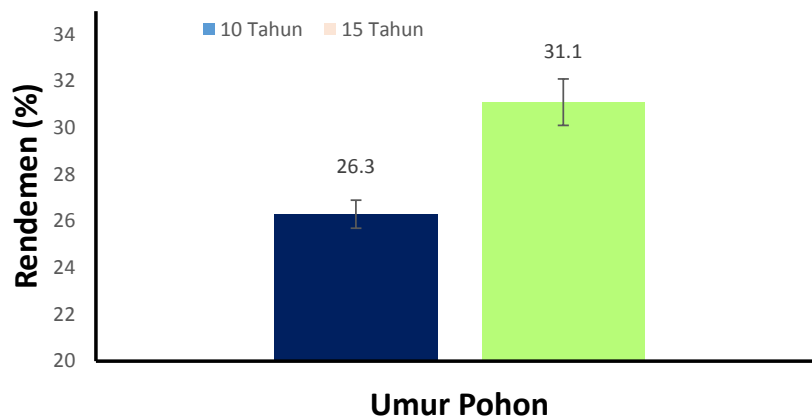
**Gambar 1.** Layout skema pengambilan sampel uji pengerjaan

### Hasil dan Pembahasan

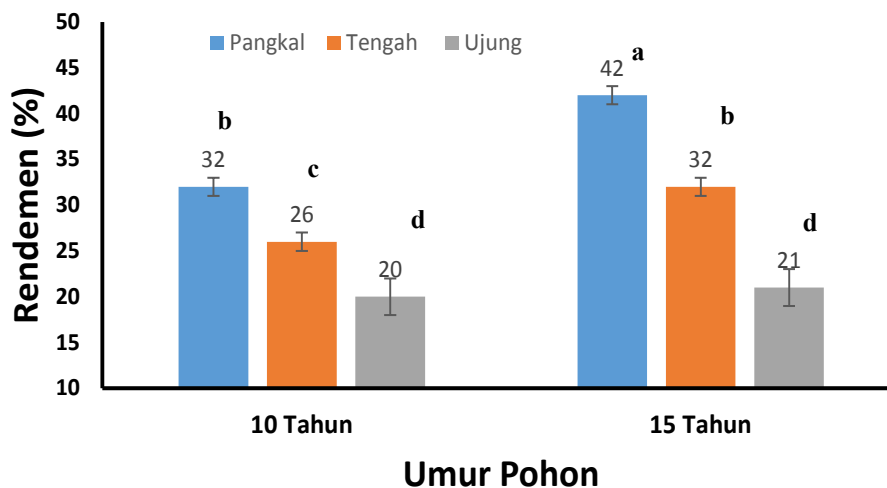
#### Rendemen

Rendemen penggergajian ini dihitung dengan dengan menggergaji log menjadi papan lebar bebas pingul/kulit dengan ketebalan 2 cm. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa rendemen pembelahan pada log yang berasal dari umur 15 tahun menunjukkan rendemen yang lebih tinggi yaitu sebesar 31,1%, sedangkan rendemen pembelahan dari umur 10 tahun hanya berkisar 26,3% (Gambar 2). Nilai rendemen ini relative kecil. Beberapa hal yang menyebabkan

rendahnya nilai rendemen adalah, bahwa perhitungan volume log didasarkan perhitungan diameter pangkal termasuk didalamnya tebal kulit, sehingga dengan kulit yang relatif tebal akan mengakibatkan volume log yang tinggi. Alasan kedua adalah karena pembuatan papan yang lebar yang bebas pingul dan kulit, dimana lebar maksimal ditentukan oleh diameter ujung log, sehingga output sortimen akan cenderung kecil. Perhitungan rendemen Log untuk bagian pangkal juga lebih tinggi dibandingkan dengan di bagian ujung (Gambar 3). Rendemen pada bagian pangkal, tengah, dan ujung dari pohon berumur 10 tahun adalah sebesar 32%, 26%, dan 20%, sedang kan dari pohon umur 15 tahun sebesar 42%, 32%, dan 21%. Hal ini mengindikasikan bahwa dengan diameter semakin besar, maka ada kecenderungan rendemennya semakin besar.



**Gambar 2.** Grafik rendemen penggergajian pada umur 10 dan 15 tahun

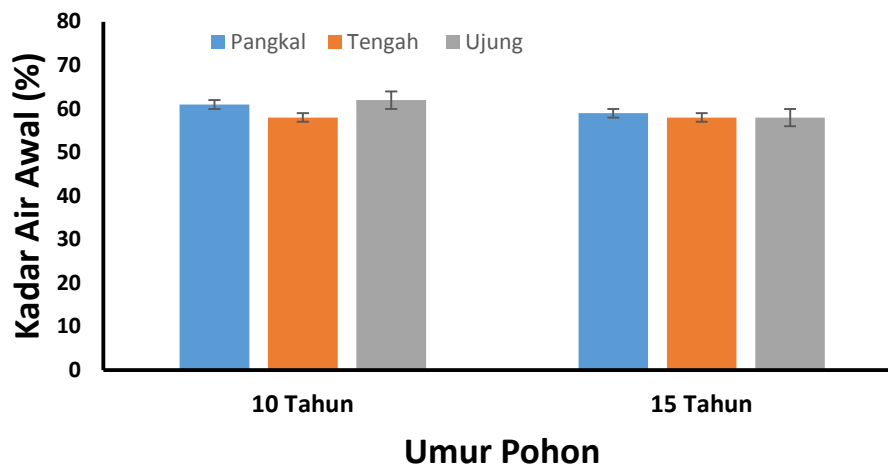


**Gambar 3.** Grafik rendemen penggergajian jati pada bagian pangkal, tengah dan ujung dari pohon umur 10 dan 15 tahun

Tinggi rendahnya rendemen dalam suatu proses produksi dapat dijadikan salah satu kriteria keberhasilan proses produksi. Rendemen untuk mengubah log/ kayu bulat menjadi papan di kilang penggergajian bervariasi 30-70%, dengan limbah berupa serbuk gergaji, slabs, trimming, atau chip. Menurut Ruhendi (1986) Fungsi kegiatan penggergajian adalah merubah log menjadi kayu gergajian yang mempunyai ukuran tertentu sesuai dengan tujuan pemakaian melalui proses pembelahan dan pemotongan. Penggergajian juga berfungsi meningkatkan nilai atau kualitas kayu dengan cara menghilangkan bagian yang cacat atau membuat sortimen tertentu yang nilainya lebih tinggi. Perhitungan rendemen ini sangat berarti karena dapat digunakan untuk menghitung kebutuhan bahan baku dan juga dapat digunakan untuk basis perhitungan biaya produksi. Manfaatnya adalah agar pengrajin bisa dengan sederhana menghitung keuntungan tanpa juga terlalu merugikan pelanggan.

### Kadar air kayu

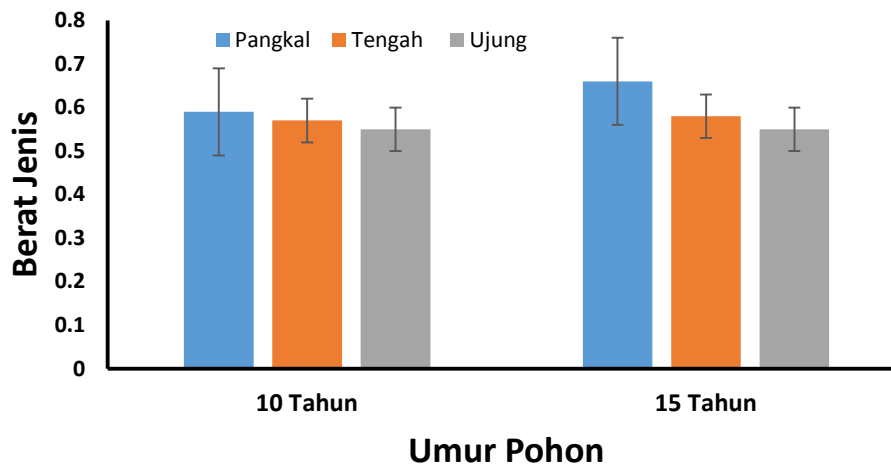
Kadar air kayu diukur setelah penebangan. Perincian data hasil pengukuran kadar air secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Grafik kadar air awal jati pada bagian pangkal, tengah dan ujung dari pohon umur 10 dan 15 tahun

## Berat Jenis Kayu (BJ)

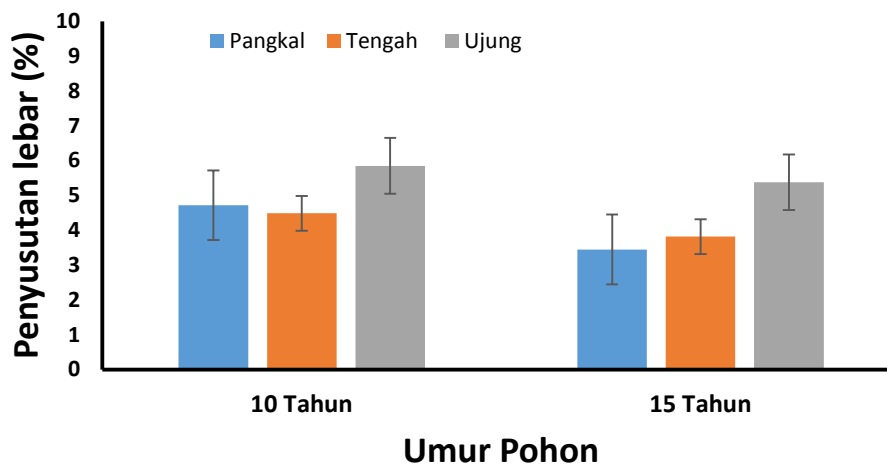
Perincian data hasil pengukuran berat jenis secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Grafik berat jenis awal jati pada bagian pangkal, tengah dan ujung dari pohon umur 10 dan 15 tahun

## Penyusutan Dimensi Kayu

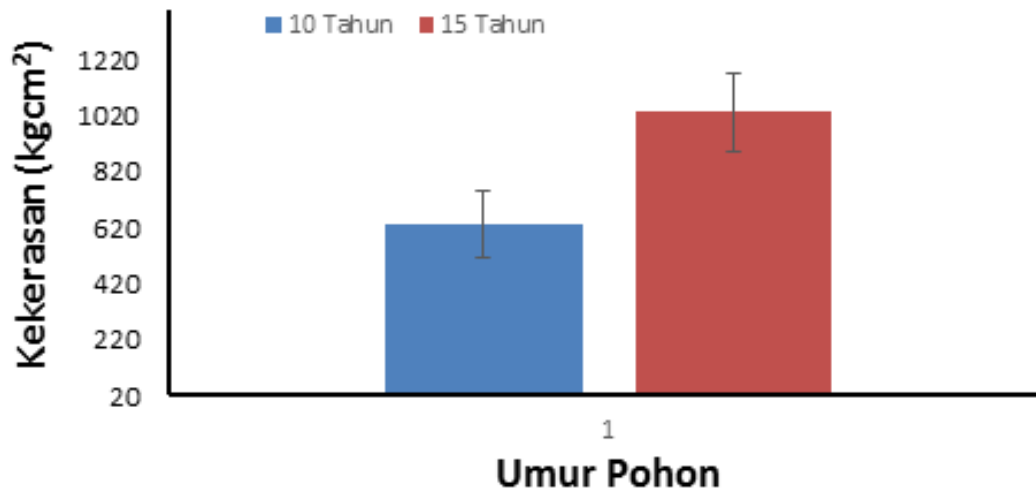
Nilai rata-rata hasil pengujian pada variasi umur dan letak aksial terhadap penyusutan lebar disajikan dalam Gambar 6.



**Gambar 6.** Grafik penyusutan lebar jati pada bagian pangkal, tengah dan ujung dari pohon umur 10 dan 15 tahun

## Kekerasan Kayu

Pengujian kekerasan kayu dilakukan sebagai informasi pendukung, karena informasi kekerasan kayu juga penting untuk mebel dan kerajinan. Nilai rata-rata kekerasan kayu dapat dilihat pada Gambar 7.

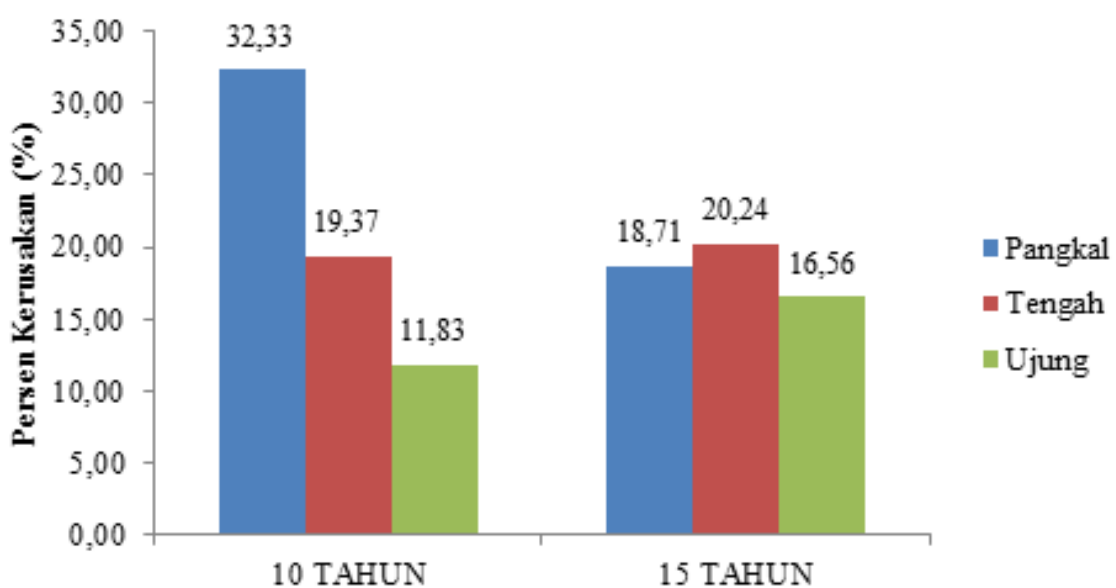


**Gambar 7.** Grafik penyusutan lebar jati pada bagian pangkal, tengah dan ujung dari pohon umur 10 dan 15 tahun

Gambar 7 menunjukkan bahwa pada umur 10 tahun paling keras pada bagian pangkal, kemudian bagian ujung dan bagian tengah. Sedangkan pada umur 15 tahun terjadi penurunan dari pangkal sampai ujung.

### Sifat Pembelahan Kayu

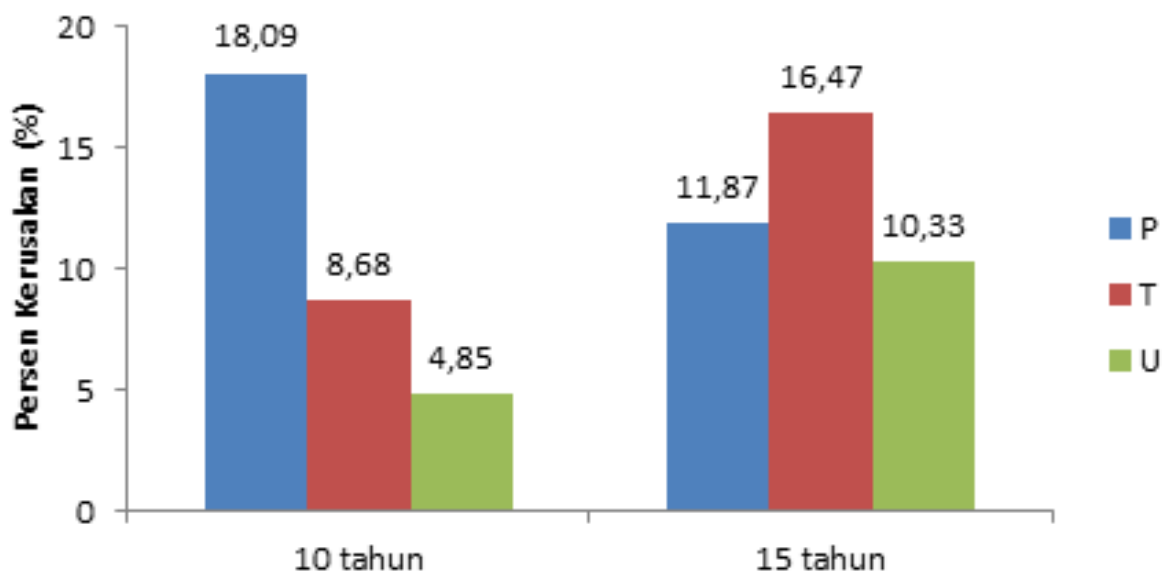
Hasil pengujian sifat pembelahan pada papan dengan faktor umur dan letak aksial disajikan dalam Gambar 8. Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa persentase kerusakan akibat pembelahan cukup beragam berkisar antara 11,83 % sampai 32,33 %. Hasil analisis varian menunjukkan cacat yang ditimbulkan pada umur 10 tahun dan 15 tahun serta pada berbagai letak aksial tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Berdasarkan klasifikasi oleh Abdurachman & Karnasudirdja (1982), sifat pembubutan kayu ini masuk katogeri sedang-sangat baik.



**Gambar 8.** Grafik Persen Cacat Pembelahan Kayu Jati (*Tectona grandis L.f.*).

## Sifat Pengetaman Kayu

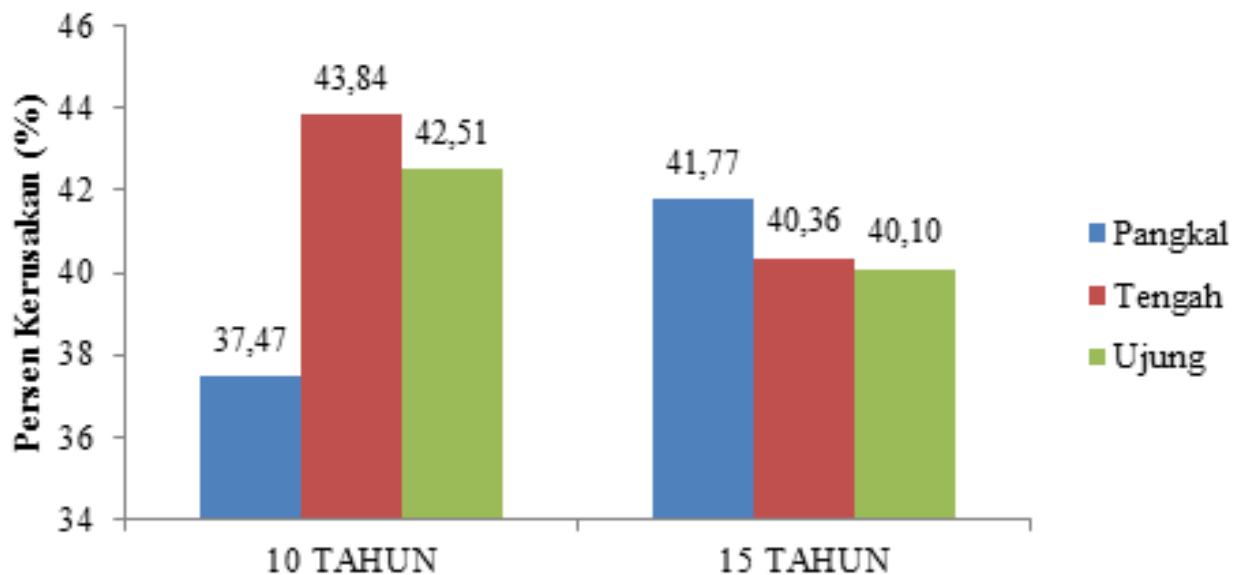
Hasil pengujian sifat pengetaman pada papan dengan faktor umur dan letak aksial disajikan dalam Gambar 9. Hasil penelitian diketahui, bahwa kualitas pengerjaan hasil pengetaman pada papan tebal 2cm berdasarkan umur (10 tahun dan 15 tahun) dan letak aksial (pangkal, tengah dan ujung) memiliki kualitas pengerjaan yang cukup beragam. Menurut klasifikasi Abdurachman & Karnasudirdja (1982), sifat pengetamannya masuk dalam kategori baik-sangat baik. Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa persentase kerusakan akibat pengetaman berkisar antara 4,85 % sampai 18,09 %. Hasil analisis varian menunjukkan bahwa proses pengetaman dengan faktor umur, letak aksial dan interaksi kedua faktor tidak memberikan perbedaan yang nyata.



Gambar 9. Grafik persen cacat pengetaman kayu jati (*Tectona grandis* L.f.).

## Sifat Pengeboran Kayu

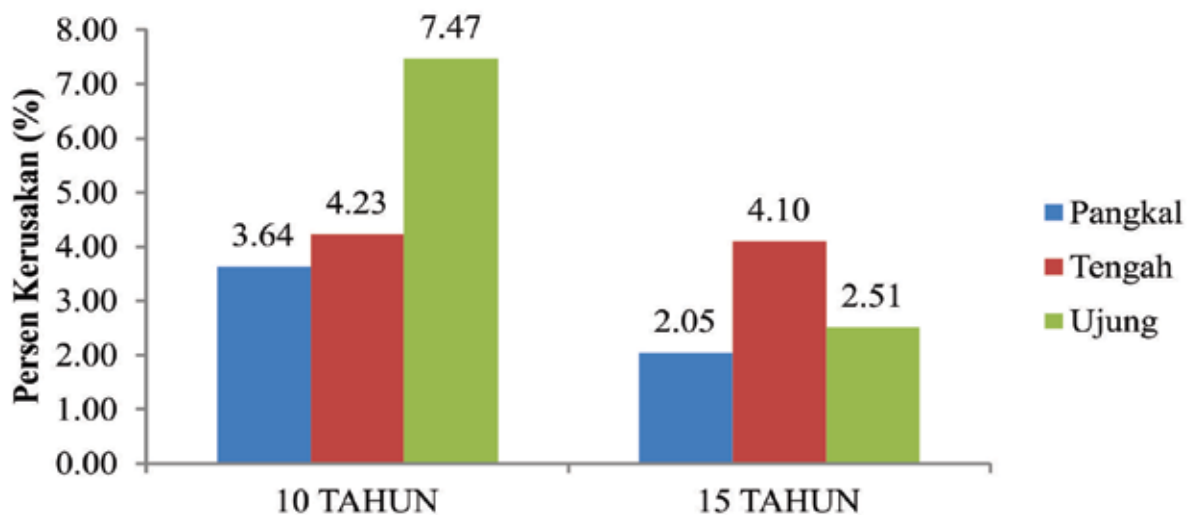
Hasil pengujian sifat pengeboran pada papan dengan faktor umur dan letak aksial disajikan dalam Gambar 10. Hasil penelitian diketahui, bahwa kualitas pengerjaan hasil pengeboran pada papan tebal 2 cm berdasarkan umur (10 tahun dan 15 tahun) dan letak aksial (pangkal, tengah dan ujung) memiliki kualitas pengerjaan yang cukup beragam. Menurut klasifikasi Abdurachman & Karnasudirdja (1982), sifat pengeboran ini masuk dalam kategori sedang-baik. Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa persentase kerusakan akibat pengeboran cukup besar berkisar antara 37,47 % sampai 43,84 %. Perbedaan kelas pengerjaan disebabkan oleh beberapa faktor seperti berat jenis kayu, kekerasan kayu, dan persentase kayu gubal dan kayu teras. Hasil analisis menunjukkan bahwa proses pengeboran dengan faktor umur, letak aksial dan interaksi kedua faktor tidak memberikan perbedaan yang nyata.



**Gambar 10.** Grafik Persen Cacat Pengeboran Kayu jati (*Tectona grandis L.f.*).

### Sifat Pembubutan Kayu

Proses pembubutan dilakukan pada contoh uji ukuran 15x2x2cm, dikerjakan menggunakan mesin bubut (*woodlathe*). Hasil pengujian pembubutan dengan faktor umur dan letak aksial disajikan dalam Gambar 11. Gambar tersebut menunjukkan bahwa hasilnya beragam baik dari tinjauan umur maupun posisi aksial batang. Secara umum menurut Abdurachman & Karnasudirdja (1982), hasilnya diklasifikasikan dalam kategori sangat baik. Faktor umur dan letak aksial dalam pohon dan interaksi kedua faktor tidak memberikan perbedaan yang nyata.

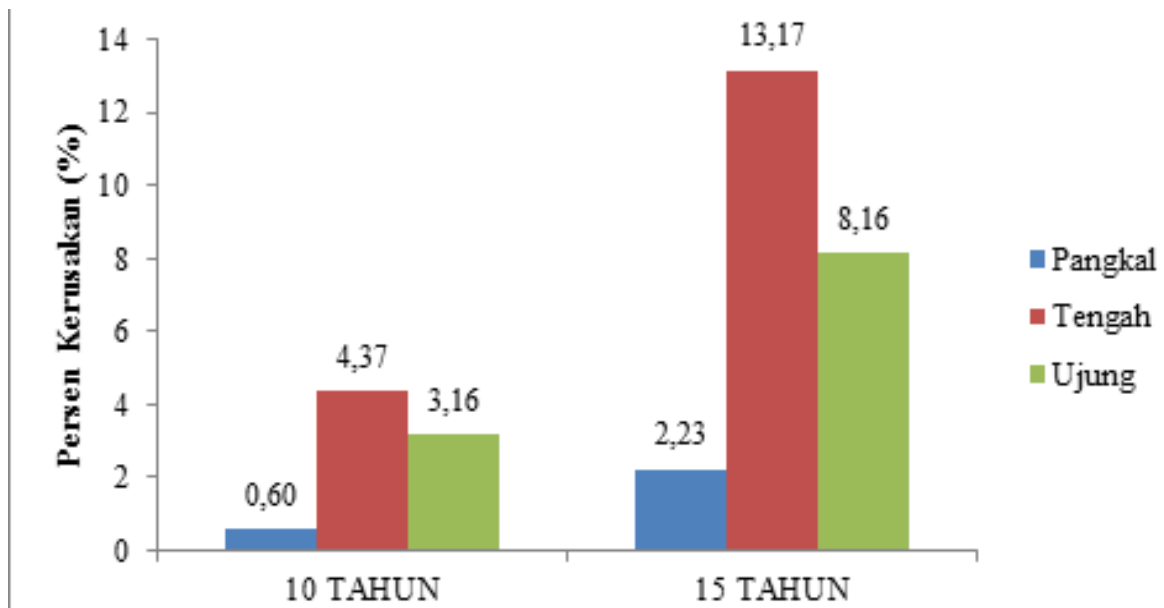


**Gambar 11.** Grafik Persen Cacat Pembubutan Kayu Jati (*Tectona grandis L.f.*)

### Sifat Pengamplasan Kayu

Proses pengamplasan contoh uji dilakukan dengan menggunakan mesin pengamplasan (*disk-sander*), dengan kecepatan putaran 1430 rpm. Hasil pengujian sifat penetaman pada papan

dengan faktor umur dan letak aksial disajikan dalam Gambar 12. Hasil analisis menunjukkan bahwa proses pengamplasan dengan faktor umur, letak aksial dan interaksi kedua faktor tidak memberikan perbedaan yang nyata.



**Gambar 12.** Grafik Persen Cacat Pengamplasan Kayu jati (*Tectona grandis L.f.*).

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Faktor umur dan interaksi umur dengan letak aksial berpengaruh nyata pada rendemen penggergajian. Rendemen tertinggi di dapat dari bagian pangkal umur 15 tahun yaitu sebesar 42%. Untuk mendapatkan rendemen yang tinggi sebaiknya memilih umur 15 tahun dan diutamakan pada bagian pohon paling bawah.
2. Faktor umur, letak aksial, dan interaksi faktor umur dan letak aksial tidak berpengaruh secara nyata terhadap sifat pengerjaan kayu. Secara umum sifat pengerjaan masuk dalam kategori sedang – sangat baik.

### Daftar Pustaka

- [ASTM] American Society for Testing and Materials, 2002. *Standard Method of Conducting Machining Test of Wood and Wood Base Materials, Annual Book of ASTM*, Philadelphia.
- Abdurrahman, A.J., Karnasudirdja, S., dan Rachman, O., 1982. *Sifat Pemesinan Kayukayu Indonesia*, Bagian V. Laporan No 12. Balai Hasil Penelitian Hutan. Bogor.
- Britis Standard 373, 1957. *Methods of testing small clear specimens of timber london* : British Standard Institution. 32 pp.
- Bowyer, J.L., R. dan J.G. Haygreen. 2003 *Forest Products and Wood Science : An Introduction*. Iowa State, Iowa. 554 p.
- Damayanti R. 2010. *Struktur Makro, Mikro, dan Ultramikroskopik Kayu Jati Unggul Nusantara*

*dan Kayu Jati Konvensional*. [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor. Bogor. Tidak Diterbitkan.

- Harris JM. 1986. *Effect of rapid growth on wood processing*. Proceedings 18-th IUFRO World Congress, Division 5 Forest Products, Kyoto (JP).
- Kininmonth JA. 1986. *Wood from fast-grown, short-rotation trees*. Proceedings 18th IUFRO World Congress, Division 5 Forest Products, Kyoto (JP).
- Krisdianto, Sumarni G. 2006. *Perbandingan Persentase Volume Teras Kayu Jati Cepat Tumbuh dan Konvensional Umur 7 Tahun Asal Penajan, Kalimantan Timur*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan. 24: 385 394.
- Mawardi P. 2012. *Kaya dari Investasi Jati Barokah*. PT Agro Media Pustaka, Jakarta.
- Oey Djoen Seng. 1964. *Berat Jenis dari Jenis-Jenis Kayu Indonesia dan Pengertian Beratnya untuk Keperluan Praktek*. Puslitbang Hasil Hutan. Bogor.
- Pandit. 1996. *Anatomi, Pertumbuhan dan Kualitas Kayu*. Program Pascasarjana IPB. Bogor
- Ruhendi, S., 1976. *Penggergajian*. Lembaga Kerja Sama Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Panshin, A.J., dan C. de Zeeuw. 1980. *Text Book of Wood Technology of Wood Technology*. McGraw-Hill Book Company, New York 733 p.

# Model Kualitas Tempat Tumbuh dan Pertumbuhan Tanaman *Acacia crasicarpa* di Lahan Gambut, Riau

Agus Wahyudi

Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Serat Tanaman Hutan – Kuok  
Jln. Raya Bangkinang – Kuok km 9, Kotak Pos 4/BKN Bangkinang 28401 RIAU  
E-mail: agus.kuok@gmail.com.

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membuat model kualitas tempat tumbuh dan pertumbuhan tegakan tanaman jenis *Acacia crasicarpa* di lahan gambut areal konsesi PT. Arara Abadi, Distrik Rasau Kuning, Riau. Data pengukuran 45 petak ukur temporer digunakan untuk merumuskan model penduga kualitas tempat tumbuh, tinggi, diameter, dan volume tegakan. Semua plot pengukuran terdistribusi masing-masing 9 petak ukur di kelas umur 1 s.d 5 tahun. Kualitas tempat tumbuh dihitung menggunakan persamaan indek tempat tumbuh  $\text{Log SI} = \text{Ln Oh} + 0,612 (1/A - 1/5)$  yang dibangun berdasarkan hubungan antara peninggi dengan umur tegakan. Model prediksi pertumbuhan dan hasil dibangun berdasarkan analisis regresi diperoleh model rata-rata tinggi tegakan :  $H = -1,195 + 0,676 \text{ Oh} + 43,81D - 0,661A$ , model diameter tegakan :  $D = 0,031 + 0,022 A + 0,008 H - 0,005 \text{ Oh}$ , model volume tegakan :  $\text{Log V} = 7,08 - 0,208 \text{ Ln H} + 2,025 \text{ Ln D} + 0,037 \text{ Oh} - 11,378 D$ .

**Kata Kunci:** model, kualitas tempat tumbuh, pertumbuhan, *Acacia crasicarpa*, gambut.

## Pendahuluan

Pembangunan Hutan Tanaman Industri (HTI) merupakan salah satu upaya strategis dalam mengatasi permasalahan kelangkaan bahan baku industri pengolahan kayu domestik di Indonesia. Produksi kayu bulat Indonesia pada tahun 2006 sebesar 21,8 juta m<sup>3</sup> dengan rincian hutan tanaman sebesar 11,5 juta m<sup>3</sup>, hutan alam 5,5 juta m<sup>3</sup>, Perum Perhutani 0,3 juta m<sup>3</sup>, Izin Pemanfaatan Kayu 3,4 juta m<sup>3</sup> dan sisanya 1,1 juta m<sup>3</sup> dari kayu ijin sah lainnya, sedangkan kebutuhan bahan baku industri per kayu nasional sebesar 39,2 juta m<sup>3</sup> kayu bulat (Simangunsong *et al.*, 2008 dalam Mindawati, 2009).

Salah satu bentuk HTI yang saat ini memegang peranan penting dalam menunjang pengembangan industri kayu serat domestik adalah HTI kayu serat atau HTI pulp. Dalam pengelolaan hutan tanaman penghasil kayu pulp perlu diterapkan prinsip pengelolaan hutan lestari (PHL) atau *Sustainable Forest Management (SFM)*, yang berarti unit pengelolaan hutan tanaman penghasil kayu pulp harus memenuhi fungsi produksi, fungsi ekologi dan fungsi sosial. Dalam kegiatan pengelolaan hutan lestari memerlukan rencana jangka panjang dengan bantuan perangkat pengelolaan yang tepat, salah satunya adalah perangkat pendugaan kualitas tempat tumbuh tanaman.

Dalam konteks pengelolaan hutan produksi, kualitas tempat tumbuh/tapak dipandang sebagai potensi produksi dari suatu tapak bagi jenis tertentu. Potensi produksi tersebut merupakan resultanse dari interaksi antara jenis yang bersangkutan dengan berbagai faktor meliputi kondisi tanah (sifat fisik, komposisi kimia, kandungan hara, dan mikroorganisme

tanah), dan kondisi iklim (temperatur, jumlah dan distribusi hujan sepanjang tahun, dan kelembaban udara), serta karakteristik topografi ( Bruce dan Schumacher, 1950 ; Husch *et al.*, 1982)

Cara menentukan kualitas tempat tumbuh/tapak dapat dipilah menjadi dua, yaitu pendekatan *geocentric* dan pendekatan *phytocentric* (Vanclay, 1994). Dalam pendekatan *geocentric* kualitas tapak ditentukan berdasarkan hubungannya dengan sifat-sifat tanah dan iklim setempat dalam kaitannya dengan tuntutan suatu jenis, sedangkan pendekatan *phytocentric* menganut filosofi kuantitas vegetasi yang tumbuh ditapak tersebut dipandang sebagai ukuran kualitas tapak yang bersangkutan.

Produktivitas kawasan hutan tanaman akan meningkat apabila semua tindakan silvikultur yang diterapkan pada tegakan atau tanaman yang terbangun dilaksanakan secara tepat sesuai dengan kondisi tapak. Ketidaksiuaian antara kondisi tapak dengan tindakan silvikultur dapat menyebabkan tidak tercapainya hasil yang optimal dan juga pemborosan dalam kegiatan pengelolaan hutan. Sehubungan dengan hal tersebut, perangkat pendugaan kualitas tempat tumbuh dan pertumbuhan tanaman merupakan suatu perangkat yang urgen didalam pengelolaan hutan tanaman.

Kualitas tempat tumbuh dan pertumbuhan tanaman penting untuk diketahui guna menentukan tindakan-tindakan silvikultur yang perlu dilakukan dan juga untuk indentifikasi produktivitas tegakan baik pada saat sekarang maupun yang akan datang. Ketidaksiuaian antara kondisi tapak dengan tindakan silvikultur dapat menyebabkan tidak tercapainya hasil yang optimal dan juga pemborosan dalam kegiatan pengelolaan hutan. Kualitas tempat tumbuh biasanya dinyatakan dengan bonita atau indeks tempat tumbuh yang dapat digunakan sebagai dasar pendeleniasian kawasan hutan ke dalam unit-unit pengelolaan yang homogen sehingga penerapan tindakan silvikultur tertentu dapat diterapkan dengan baik dan efektif.

Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat suatu perangkat atau model penduga kualitas tempat tumbuh dan pertumbuhan hutan tanaman jenis *Acacia crasicarpa* pada lahan gambut di Riau.

## **Bahan dan Metode**

### **Bahan**

Bahan penelitian yang digunakan tegakan hutan tanaman *A. crasicarpa* dengan berbagai kelas umur dan kondisi tempat tumbuh. Sedangkan peralatan yang dibutuhkan antara lain : peta lokasi dan kondisi tegakan, kompas, meteran 25 m, GPS, Pi-band, kaliper, pengukur tinggi (Vertec IV), model tally-sheet, ring sample, cangkul, kantong plastik, kertas label, cat minyak/ cat semprot, buku dan alat tulis.

### **Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan dengan jalan membuat 9 (sembilan) buah petak ukur temporer pada setiap kelas umur tanaman *A. crasicarpa* ( 1 – 5 tahun ), selain itu data-data hasil pengukuran dari petak ukur permanen milik perusahaan pengelola juga digunakan dalam penyusunan model. Petak ukur ditempatkan pada lokasi yang dilihat secara makro mempunyai

kondisi tempat tumbuh berbeda dan memiliki mikro topografi yang kompak serta tegakan yang seragam. Pada masing-masing kelas umur dan kondisi tapak (kualitas baik, sedang dan kurang) dibuat tiga buah petak ukur temporer berbentuk lingkaran dengan diameter 17,94 meter atau luas 0,1 Ha (Harbagung, 2009). Dalam tiap-tiap petak ukur dilakukan pengukuran karakteristik tegakan sehingga diketahui umur (A), jumlah pohon ( $N_{ha}$ ), diameter tegakan ( $D_{st}$ ), tinggi tegakan ( $H_{st}$ ), luas bidang dasar ( $G_{ha}$ ), volume tegakan ( $V_{ha}$ ), peninggi tegakan (Oh), serta karakteristik kondisi tanah gambut.

## Pengolahan dan Analisa data

### *Pengolahan Data*

Volume, luas bidang dasar tegakan dan jumlah pohon total per petak ukur diperoleh dengan rumus (1), sedangkan volume, luas bidang dasar tegakan dan jumlah pohon per hektar diperoleh dengan rumus (2) :

$$Y = \sum_{i=1}^n y_i \quad (1)$$

$$Y /_{ha} = \frac{Y}{0,1} \quad (2)$$

Keterangan :

Y = volume, luas bidang dasar tegakan, jumlah pohon total per petak ukur

$Y /_{ha}$  = volume, luas bidang dasar tegakan, jumlah pohon per hektar

n = jumlah pohon dalam petak ukur

$y_i$  = volume, luas bidang dasar pohon ke-*i*

Riap tahun berjalan (CAI) dan riap rata-rata tahunan (MAI) diameter, tinggi, luas bidang dasar dan volume dihitung dengan rumus :

$$CAI = Y_{t+1} - Y_t \quad (3)$$

$$MAI = Y / t \quad (4)$$

keterangan :

$Y_t$  = diameter, tinggi, luas bidang dasar dan volume tahun ke-*t*

T = umur tanaman

### *Analisis Data*

#### a. Model indeks tempat tumbuh

Model pendugaan indeks tempat tumbuh (*Site Index* – SI) dengan pendekatan *phytogenic* disusun berdasarkan hubungan matematis antara peninggi (Oh) dengan umur tegakan (A). Model persamaan yang digunakan berdasarkan model dari berbagai literatur kehutanan (Onyekwelu, 2005) dengan model persamaan :

$$\text{Oh} = a_0 + a_1 (A) + a_2 (A)^2 \quad (5)$$

$$\text{Oh} = a_3 + a_4 (A) + a_5 (1/A) \quad (6)$$

$$\text{Oh} = a_6 + a_7 \ln(A) \quad (7)$$

$$\text{Log Oh} = a_8 + a_9/A \quad (8)$$

$$\text{Ln Oh} = a_{10} + a_{11}/A \quad (9)$$

keterangan :

Oh = peninggi tegakan ( meter )

A = umur tegakan ( tahun )

$a_0 - a_{11}$  = koefisien regresi

#### b. Model pertumbuhan

Model pertumbuhan dan hasil disusun berdasarkan hubungan matematis antara umur, diameter, kerapatan tegakan, luas bidang dasar dan volume tegakan. Persamaan prediksi volume diformulasikan dari metodologi yang dikembangkan Mackinney *at al.* (1937) dan Schumacher (1939), model luas bidang dasar oleh Schumacher dan Coile (1960), sedangkan model pendugaan diameter setinggi dada, rata-rata tinggi dan jumlah pohon perhektar menggunakan model-model yang pernah digunakan di Bangladesh dan Amerika Serikat, yaitu :

$$\text{Ln (V)} = a_0 + a_1 \text{SI} + a_2 A^{-1} + a_3 \ln(G) \quad (10)$$

$$\text{Ln (G)} = a_0 + a_1 \text{SI} + a_2 A^{-1} + a_3 A^{-1} \text{SI} \quad (11)$$

$$\text{Ln (D)} = a_0 + a_1 A^{-1} + a_2 \ln(\text{SI}) + a_3 N \quad (12)$$

$$\text{Ln (H)} = a_0 + a_1 \ln(A) + a_2 \ln(\text{SI}) \quad (13)$$

$$\text{Ln (N)} = a_0 + a_1 D + a_2 G \quad (14)$$

keterangan :

V = volume tegakan (  $\text{m}^3/\text{ha}$  )

G = luas bidang dasar tegakan (  $\text{m}^2/\text{ha}$  )

D = diameter setinggi dada ( m )

H = tinggi rata-rata ( m )

N = jumlah pohon per hektar ( batang/ha )

A = umur tegakan ( tahun )

SI = indeks tempat tumbuh

#### **Pemilihan model terbaik**

Model terbaik dipilih berdasarkan analisis sidik ragam (uji F), kriteria nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ), Adj  $R^2$ , nilai simpangan agregat (*Agregate of Difference* - AgD), dan nilai

simpangan rata-rata (*Average of Percentace Deviation- AvR*). Model yang terbaik adalah model yang memiliki nilai  $R^2$  cukup tinggi, serta nilai simpangan agregat yang lebih kecil dari 1 dan lebih besar dari -1, serta nilai simpangan rata-rata yang lebih kecil dari 8% (Spurr, 1952).

$$AgD = \frac{\sum Ht - \sum H}{\sum H} \times 100\% \quad (15)$$

$$AvR = \frac{\sum \frac{[H - Ht]}{H}}{N} \times 100\% \quad (16)$$

keterangan :

Ha = nilai aktual hasil pengukuran lapang

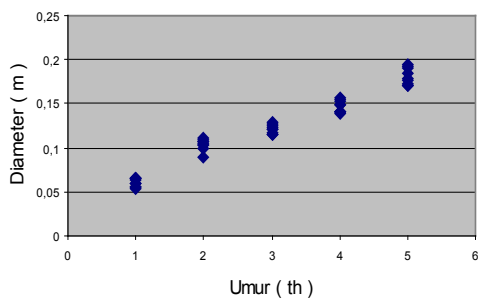
Ht = nilai dugaan dari model

N = jumlah contoh.

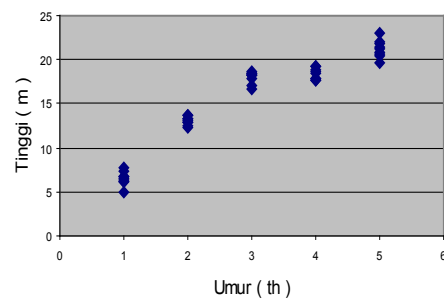
## Hasil dan Pembahasan

### Model Perkembangan Peninggi

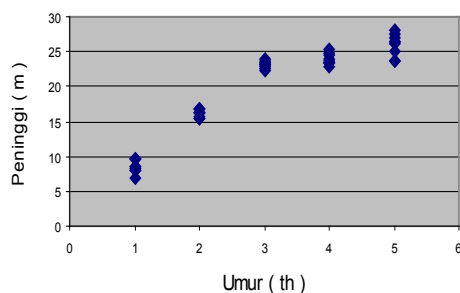
Sebaran data rata-rata diameter, tinggi, peninggi, jumlah pohon per hektar, volume tegakan dan riap tanaman pada petak ukur temporer yang dihubungkan dengan umur dapat dilihat pada Gambar 1.



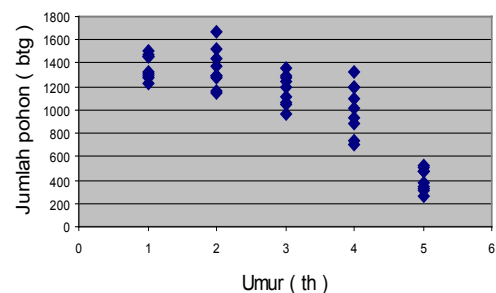
( a )



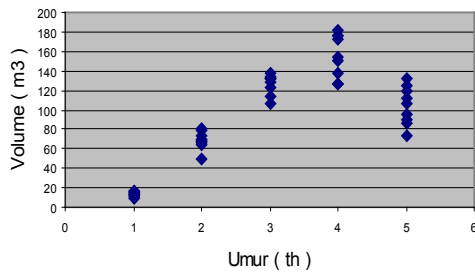
( b )



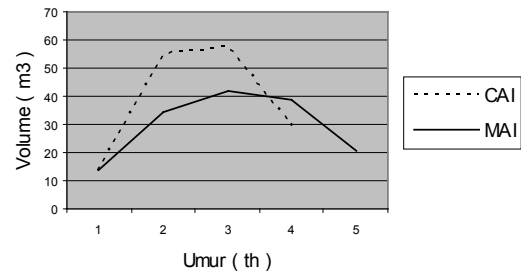
( c )



( d )



( e )



( f )

**Gambar 1.** Sebaran data pertumbuhan tegakan *Acacia crasicarpadi* Riau. (a) Diameter, (b) Tinggi, (c) Peninggi, (d) Jumlah pohon per hektar, (e) Volume tegakan per hektar, dan (f) Riap pertumbuhan tegakan.

Dengan menggunakan analisis regresi pada program SPSS 11,5 for Windows diperoleh model perkembangan peninggi beserta analisis sidik ragam regresinya sebagai berikut :

1.  $Oh = 8,905 + 11,141 \ln (A)$  ..... ( 17 )
2.  $Oh = 8,506 + 13,563 \ln (A) - 0,175 (A)^2$  ..... ( 18 )
3.  $Oh = -1,795 + 11,613A - 1,225 (A)^2$  ..... ( 19 )
4.  $Oh = 22,491 + 1,389A - 15,542/A$  ..... ( 20 )
5.  $\text{Log } Oh = 1,539 - 0,612/A$  ..... ( 21 )
6.  $\ln Oh = 3,543 - 1,408/A$  ..... ( 22 )

Model penduga indek tempat tumbuh terbaik dipilih berdasarkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ), simpangan agregat dan simpangan rerata. Besarnya nilai untuk masing-masing kriteria tersebut untuk model-model yang diujikan dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Koefisien korelasi, simpangan error, simpangan agregat dan simpangan rata-rata model yang diujikan.

No	Model prediksi	$R^2$	S	AgD	AvR
1	$Oh = 8,905 + 11,141 \ln (A)$	0,957	1,377	0,554	4,955
2	$Oh = 8,506 + 13,563 \ln (A) - 0,175 (A)^2$	0,966	1,237	0,003	4,789
3	$Oh = -1,795 + 11,613A - 1,225 (A)^2$	0,968	1,200	0,461	4,966
4	$Oh = 22,491 + 1,389A - 15,542/A$	0,959	1,350	-0,014	4,681
5	$\text{Log } Oh = 1,539 - 0,612/A$	0,973	0,030	0,066	4,679
6	$\ln Oh = 3,543 - 1,408/A$	0,973	0,069	0,122	4,724

Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa ke enam model diatas memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai penduga indek tempat tumbuh. Menurut Spurr (1952) suatu model dapat digunakan bila memiliki nilai simpangan agregat lebih besar dari -1 dan lebih kecil dari 1, serta simpangan rata-rata lebih kecil dari 8%. Kelima model yang diujicobakan memenuhi syarat tersebut karena memiliki nilai simpangan rata-rata yang lebih kecil dari 8 dan nilai simpangan agregat yang lebih kecil dari 1 dan lebih besar dari -1. Dari keenam model tersebut diatas, model ketiga yakni  $\text{Log } Oh = 1,539 - 0,612/A$  memiliki kelebihan dalam menerangkan hubungan

antara umur (A) dengan peninggi (Oh) karena memiliki nilai standart error estimasi yang lebih kecil.

Jika umur (A) setara dengan umur indek (Ai), maka peninggi (Oh) setara dengan site indek (SI), yakni :

$$\text{Log Oh} = a_1 + a_2/A \quad (23)$$

$$\text{Log SI} = a_1 + a_2/A_i \quad (24)$$

Substitusi persamaan (23) ke persamaan (24) akan menghasilkan :

$$\text{Log Oh} = \text{Log SI} + a_2 ( 1/A - 1/A_i ) . \quad (25)$$

Sehingga perhitungan SI akan diperoleh dengan rumus :

$$\text{Log SI} = \text{Log Oh} + a_2 ( 1/A_i - 1/A ) \quad (25)$$

Jika umur indek yang digunakan adalah 5 tahun, maka persamaan indeks tempat tumbuh hutan tanaman *Acacia crasicarpa* di Riau adalah :

$$\text{Log SI} = \text{Log Oh} + 0,612 ( 1/A - 1/5 ) \quad (26)$$

dimana : SI = indek tempat tumbuh

Oh = peninggi

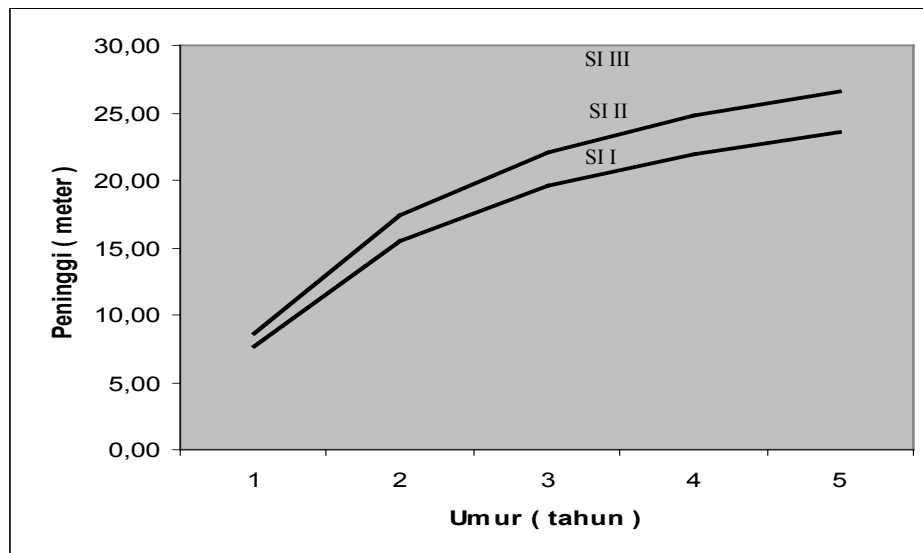
A = umur tegakan

Hasil pendugaan menunjukkan bahwa indek tempat tumbuh dari petak ukur temporer di lokasi penelitian memiliki variasi antara 23,57 – 26,57. Oleh karena itu, grafik indek tempat tumbuh *Acacia crasicarpa* disusun dengan besaran indek tempat tumbuh mulai dari 23,57 hingga 26,57 dengan selang 3 meter. Secara rinci perkembangan peninggi tegakan pada setiap batas indek tempat tumbuh disajikan pada Tabel 2, sedangkan grafiknya indek tempat tumbuh disajikan pada Gambar 2.

Berdasarkan klasifikasi kelas kualitas lahan, lokasi penelitian dikelompokkan atas empat kelas indek tempat tumbuh. Perbedaan kualitas tempat tumbuh ini mencerminkan perbedaan respon tanaman terhadap suatu tapak sehingga akan mengakibatkan perbedaan pertumbuhan. Adanya perbedaan kualitas tempat tumbuh ini akan mengakibatkan perbedaan tindakan silvikultur yang diterapkan pada suatu kualitas lahan tertentu. Lahan dengan indek tempat tumbuh yang lebih tinggi akan memiliki potensi pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan dengan indek tempat tumbuh yang lebih rendah.

**Tabel 2.** Perkembangan peninggi *Acacia crasicarpa* pada berbagai kelas indek tempat tumbuh

Umur	Peninggi ( m )		
	SI I	SI II	SI III
1	< 7,63	7,63 - 8,61	> 8,61
2	< 15,44	15,44 - 17,41	> 17,41
3	< 19,53	19,53 - 22,02	> 22,02
4	< 21,97	21,97 - 24,76	> 24,76
5	< 23,57	23,57 - 26,57	> 26,57



**Gambar 2.** Grafik indeks tempat tumbuh *Acacia crasicarpadi* Riau

### Model Pertumbuhan dan Hasil

Berdasarkan analisis regresi diperoleh model prediksi pertumbuhan dan hasil dari tegakan *Acacia crasicarpa* di Riau, sebagai berikut :

1. Model penduga rata-rata tinggi tegakan  

$$H = -1,195 + 0,676 Oh + 43,81D - 0,661A \quad (27)$$
2. Model penduga diameter tegakan  

$$D = 0,031 + 0,022 A + 0,008 H - 0,005 Oh \quad (27)$$
3. Model penduga jumlah pohon per hektar  

$$N = 1974,691 - 14157,5D + 42,237 Oh \quad (28)$$
4. Model penduga volume tegakan  

$$\text{Log } V = 7,08 - 0,208 \text{ Ln } H + 2,025 \text{ Ln } D + 0,037 Oh - 11,378 D \quad (29)$$

Ketelitian secara statistik persamaan-persamaan diatas disajikan pada Tabel 3. Berdasarkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ), simpangan agregat dan simpangan rata-rata dan simpangan error terlihat bahwa semua model di atas memenuhi yang disyaratkan oleh Spurr (1952), sehingga model-model pertumbuhan dan hasil tersebut diatas dapat digunakan untuk memprediksi pertumbuhan dan hasil tegakan *Acacia crasicarpa* di Riau.

**Tabel 3.** Ketelitian statistik persamaan pendugaan pertumbuhan tanaman *Acacia crasicarpa* di Riau

Model prediksi	$R^2$	S	AgD	AvR
Tinggi tanaman	0,992	0,502	0,135	4,555
Diameter tanaman	0,974	0,006	-0,138	4,097
Jumlahpohon per hektar	0,812	171,74	0,255	5,487
Volume	0,990	0,042	0,402	4,317

Pada Tabel 3 terlihat bahwa model penduga jumlah pohon per hektar mempunyai nilai koefisien determinasi kurang dari 75%, namun nilai simpangan error, nilai simpangan agregat dan simpangan rata-rata memenuhi persyaratan. Dengan demikian model penduga jumlah pohon per hektar tegakan *Acacia crasycarpa* untuk sementara dapat menggunakan model diatas.

### Kesimpulan

Model penduga terbaik untuk kualitas tempat tumbuh adalah model  $\text{Log SI} = \text{Log Oh} + 0,612 (1/A - 1/5)$ . Persamaan-persamaan model prediksi pertumbuhan tegakan adalah model penduga rata-rata tinggi tegakan  $H = -1,195 + 0,676 \text{ Oh} + 43,81D - 0,661A$ , model penduga diameter tegakan  $D = 0,031 + 0,022 A + 0,008 H - 0,005 \text{ Oh}$ , model penduga jumlah pohon per hektar  $N = 1974,691 - 14157,5D + 42,237 \text{ Oh}$ , model penduga volume tegakan  $\text{Log V} = 7,08 - 0,208 \text{ Ln H} + 2,025 \text{ Ln D} + 0,037 \text{ Oh} - 11,378D$ .

### Daftar Pustaka

- Bruce, D. and F.X. Schumacher. 1950. Forest Mensuration. Mc. Graw Hill Book Co. Inc. New York
- Husch, B., C.I. Miller, and T.W. Beers. 1982. Forest Mensuration. Third edition. John Wiley and Sons. Inc. New York
- Onyekwelu, J.C. 2005. Site Index Curves for Site Quality Assessment of *Nauclea diderrichii* Monoculture Plantations in Omo Forest Reserve, Nigeria. Journal of Tropical Forest Science 17 (4) : 532 – 542.
- Mackinney, A.L., F.X. Schumacher and L.E. Chaiken. 1937. Contruction of Yield Tables for Nonnormal Loblolly pine Stands. Journal of Agricultural Research 54 : 531 – 545
- Schumacher, F.X. 1939. A New Growth Curve and Its Application to Timber Yield Studies. Journal of Forestry 37 : 819 – 820
- Schumacher, F.X. and T.S. Coile. 1960. Growth and Yield of Natural Stands of The Southern Pines. T.S. Coile, Inc. Durham
- Spurr, S.H. 1952. Forest Inventory. The Ronald Press Company. New York
- Vanclay, J.K. 1994. Modelling Forest Growth and Yield : Application to Mixed Tropical Forest. CAB International. Wallingford, Oxon, UK.

# Pemanfaatan Limbah Serbuk Tiga Jenis Kayu Sebagai Bahan Baku Etanol Menggunakan Hidrolisis Asam

Denny Irawati

Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Email: dirawati@ugm.ac.id

## ABSTRAK

Serbuk kayu dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku etanol dengan cara hidrolisa, baik menggunakan asam maupun enzim, sehingga polisakarida (selulosa dan hemiselulosa) terdegradasi menjadi monosakarida terutama glukosa, yang dilanjutkan dengan fermentasi menggunakan *yeast*. Hidrolisis dengan menggunakan asam selain cepat juga lebih mudah dilakukan. Hasil proses hidrolisis asam sangat dipengaruhi oleh jenis dan konsentrasi asam, suhu, dan tekanan proses serta jangka waktu proses. Penelitian ini dilakukan dengan menghidrolisis serbuk kayu meranti, jati, dan sengon menggunakan  $H_2SO_4$  pada konsentrasi 0,5%, 1% dan 1,5% pada suhu proses  $120^\circ C$ . Kemudian dilakukan fermentasi menggunakan *yeast Saccharomyces cereviceae* selama 72 jam. Sesudah masa fermentasi, kemudian dilakukan pemanenan etanol dan analisis kuantitatif etanol menggunakan *Gas Chromatography* (GC). Selain difermentasi, larutan hasil fermentasi juga dianalisis kandungan gula pereduksinya. Perlakuan hidrolisis dengan  $H_2SO_4$  pada berbagai konsentrasi dan berbagai jenis limbah serbuk kayu memberikan hasil kadar gula reduksi berkisar antara 0,19–1,07 mg/l dan kadar etanol berkisar antara 0,016–0,448 g/l. Kombinasi perlakuan yang paling baik adalah limbah kayu sengon dengan konsentrasi  $H_2SO_4$  1,5%, dengan kadar etanol paling tinggi sebesar 0,448 g/l.

**Kata kunci:** Etanol, hidrolisis asam, jati, meranti, sengon

## Pendahuluan

Sejak bulan November 2004, Indonesia telah mengubah statusnya dari negara eksportir menjadi negara importir minyak bumi. Hal ini disebabkan karena laju konsumsi bahan bakar minyak bumi di Indonesia yang tinggi, khususnya untuk transportasi dan industri. Pemerintah mengantisipasi hal ini dengan jalan mengeluarkan Kebijakan Energi Nasional yang salah satunya adalah dengan diversifikasi dan konservasi energi. Wujud nyata kegiatan diversifikasi energi yaitu program “*Energy Mix Scenario 2010-2025*” dimana kontribusi bahan bakar alternatif (*biofuel*) pada tahun 2010 ditargetkan mencapai 3% (225 ribu barrel) dari konsumsi total energi, sedangkan pada tahun 2025 diharapkan telah mencapai 20%. Bahan bakar alternatif (*biofuel*) yang digunakan antara lain adalah *bio-ethanol* (Sumaryono, 2005).

Etanol adalah suatu bahan bakar berbasis-bio (oksigenasi) yang dapat diperbaharui. Etanol merupakan pembakar yang bersih dengan kandungan oktan yang tinggi yang dapat dengan mudah menggantikan bensin dan hasil pembakarannya dengan nyata dapat menurunkan kandungan racun emisi seperti formaldehid, benzene, dan 1,3-butadiena. Pada tahun 2003, produksi bahan bakar etanol dari pati jagung di Amerika mencapai kurang lebih 2,81 milyar galon. Pengembangan pemanfaatan etanol dari pemanfaatannya sekarang (bahan kimia) menjadi bahan bakar kendaraan bermotor akan memerlukan pengembangan lebih lanjut pula

mengenai sumber bahan bakunya. Biomas dengan materi lignoselulosik merupakan alternatif sumber bahan baku karena potensinya yang besar dan harganya yang murah.

Indonesia memiliki sumber bahan baku lignoselulosik yang cukup melimpah, terutama dari hutan. Menurut data statistik dari Departemen Kehutanan (2016), pada tahun 2015 produksi log Indonesia adalah mencapai 37.551.301,19 m<sup>3</sup> yang berasal dari hutan alam, hutan tanaman industri dan hutan rakyat. Bila sebagai bahan baku etanol hanya digunakan limbah dari industri perkayuan, maka dengan rata-rata limbah sisa pengolahan kayu sebesar 30-40% (Darmaji et al. 1998), pada tahun 2015 dapat diperoleh limbah industri kayu sebagai bahan baku produksi etanol sebesar 11,25-15,02 juta m<sup>3</sup>.

Proses pengolahan serbuk kayu menjadi etanol secara umum dapat dilakukan melalui beberapa tahapan proses, yaitu: praperlakuan, fraksinasi, sakarifikasi, fermentasi, pemanenan etanol dan perlakuan terhadap limbah. Pada proses sakarifikasi, hidrolisis selulosa kayu dapat dilakukan dengan menggunakan 2 cara, yaitu hidrolisis menggunakan asam kuat dan menggunakan enzim. Penggunaan enzim pada proses hidrolisis memang lebih ramah terhadap lingkungan, akan tetapi sampai saat ini hasilnya belum cukup optimal untuk dapat memotong-motong rantai polisakarida dari hemiselulosa dan selulosa kayu, sehingga penggunaan bahan kimia (asam) masih diperlukan.

Terdapat 2 macam proses hidrolisis asam, yaitu: hidrolisis menggunakan asam lemah dan hidrolisis menggunakan asam kuat. Hasil proses hidrolisis asam sangat dipengaruhi oleh jenis dan konsentrasi asam, suhu, dan tekanan proses serta jangka waktu proses (Badger 2002; Zhao et al. 2012). Hasil penelitian Saha et al. (2005), dengan menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> konsentrasi 0,25-1% pada bahan baku jerami gandum dihasilkan gula reduksi sebesar 59-198 mg/g (dengan kecenderungan masih meningkat). Hasil penelitian lain tentang suhu terbaik yang digunakan untuk menghidrolisis selulosa jerami gandum dan bagas, adalah berkisar pada 130°C atau 97-126 °C (Adrados et al. 2005; Zhao et al. 2012). Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh berbagai faktor yang mempengaruhi hidrolisis asam pada bahan baku limbah serbuk kayu, terutama kayu-kayu tropis dari Indonesia.

## **Bahan dan Metode**

### **Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah serbuk 3 jenis kayu, yaitu sengon, jati dan meranti merah yang diperoleh dari berbagai industri kayu atau penggergajian kayu di daerah Jogjakarta. Bahan kimia H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> untuk menghidrolisis serbuk kayu, yang diperoleh dari laboratorium Kimia dan Serat Kayu, jurusan Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan UGM. Bahan kimia PDY, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O dan (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> untuk media pertumbuhan *yeast*, yang diperoleh dari laboratorium Bioteknologi, jurusan Budidaya Hutan, Fakultas Kehutanan UGM.

### **Metode**

#### *Hidrolisis kayu*

30 g serbuk kayu kering tanur dimasukkan kedalam erlenmeyer 250 ml dan ditambahkan 100 ml larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> konsentrasi 0,5%, 1% dan 1,5%. Selanjutnya larutan tersebut dipanaskan

dalam autoklaf pada suhu 120°C selama 15 menit. Setelah dingin larutan ditambah 10 M NaOH hingga pH larutan menjadi 5. Kemudian larutan disaring dengan menggunakan kertas saring.

#### *Pembuatan inokulum yeast*

Isolat yeast *Saccharomyces cereviceae* diperbanyak dalam 10 ml media PDY dan ditumbuhkan selama 1-2 hari (digunakan sebagai stok kultur). Setelah itu isolat ditumbuhkan lagi pada 50 ml media yang terdiri dari glukosa 10 g/l, yeast ekstrak 1 g/l, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0,1 g/l, MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,1 g/l dan (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1 g/l, di dalam erlenmeyer 200 ml. Inkubasi dilakukan pada *shaker* berkecepatan 12 rpm dengan suhu 30°C selama 24 jam.

#### *Fermentasi*

10 ml inokulum *yeast* dimasukkan ke dalam 90 ml larutan hasil hidrolisis yang sudah disterilisasi. Media tersebut kemudian dimasukkan ke dalam labu fermentasi yang dilengkapi penutup berleher angsa. Sakarifikasi fermentasi dilakukan pada *shaker* berkecepatan 12 rpm dengan suhu 30°C selama 72 jam.

#### *Analisis gula reduksi dengan HPLC*

Larutan sampel yang akan dianalisis komponen gulanya terlebih dahulu disaring dengan menggunakan kertas saring millipore yang memiliki ukuran pori-pori sebesar 0,2 µm. Sampel yang telah disaring disuntikkan sebanyak 10 µl pada kolom penyuntikan HPLC yang menggunakan kolom fermentasi pada suhu 90 °C. Pengelusi yang digunakan dalam mengelusi sampel adalah air bebas ion dengan kecepatan 0,5 ml/menit. Gula yang telah dideteksi keluar dari kolom deteksi (pendeteksi RID = *Refractive Index Detector*) dan dihubungkan dengan *integrator chromatopack*.

#### *Analisis kuantitatif etanol dengan GC*

Sampel dari kultur disentrifugasi dengan kecepatan 4000 g pada suhu 4°C selama 10 menit, dan supernatan yang diperoleh dianalisis kandungan etanolnya. Analisis kuantitatif etanol dilakukan menggunakan kromatografi gas pada kondisi sebagai berikut: detektor FID, kolom 15% *carbowax* – 20 m, panjang kolom 2 m, diameter 0,4 cm, suhu detektor 120°C, suhu injektor 120°C, suhu kolom 80°C, kecepatan gas pembawa N<sub>2</sub> 30 ml/menit, gas pembakar H<sub>2</sub> 1 kg/cm<sup>2</sup> dan udara 1kg/cm<sup>2</sup>. Range : 10<sup>2</sup> dan attenuasi 8. *Recorder integrator C-R6A*.

Sebelumnya dibuat juga larutan standar etanol dengan konsentrasi masing-masing 39,0625; 78,125; 156,25; 234,375; 312,5 dan 781,25 ppm dari stok 2,5% untuk membuat kurva standar konsentrasi etanol. Larutan standar maupun sampel diinjeksikan sebanyak 1 µl ke alat gas kromatografi pada kondisi yang sama.

Penentuan kadar etanol dilakukan dengan membandingkan luas puncak sample dengan kurva standar etanol. Kadar etanol yang terdapat dalam sample dihitung dengan menggunakan persamaan kurva standar:

$$m = \frac{n \sum x - \sum c \sum x}{n \sum c^2 - (\sum c)^2} \qquad i = \frac{\sum c^2 \sum x - \sum c \sum x}{n \sum c^2 - (\sum c)^2}$$

Persamaan garis kurva standar adalah : X =mC + i

### Analisis data

Model rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap, menggunakan dua faktor perlakuan, yaitu : jenis limbah serbuk kayu (A) dan konsentrasi  $H_2SO_4$  (B). Faktor A terdiri dari 3 taraf, yaitu : serbuk kayu sengon, jati dan meranti merah. Faktor B berupa konsentrasi  $H_2SO_4$  yang digunakan, terdiri dari 3 taraf, yaitu : 0,5%, 1% dan 1,5% hari. Banyaknya ulangan yang digunakan adalah 3, sehingga diperoleh jumlah sampel sebanyak  $3 \times 3 \times 3 = 27$  sampel. Parameter yang diamati adalah : kadar gula pereduksi dan kadar etanol.

## Hasil dan Pembahasan

### Kadar Air

Kayu merupakan materi yang bersifat higroskopis, oleh karena itu di dalam kayu relatif selalu terdapat kandungan air. Hasil analisis sifat kimia kayu selalu dinyatakan berdasar kondisi kayu tanpa air, sehingga untuk mengetahui kondisi kayu tanpa kandungan air perlu dilakukan analisis kadar air dalam kayu. Kadar air limbah serbuk kayu diukur dengan menggunakan metode pengeringan dalam tanur pada suhu 100-105°C sampai dengan diperoleh berat konstan, yang artinya semua air yang ada di dalam limbah serbuk kayu telah hilang. Kadar air kayu dihitung berdasarkan berat kering tanur. Nilai rata-rata kadar air limbah serbuk kayu disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Nilai Rata-rata Kadar Air Limbah Serbuk Kayu (%).

Jenis Limbah Serbuk Kayu	Rata-rata
Sengon	11,64
Meranti	11,11
Jati	8,6

Dari data di atas, dapat diketahui bahwa limbah serbuk kayu yang digunakan dalam kondisi kering angin. Kadar air limbah serbuk kayu akan mempengaruhi konsentrasi larutan hidrolisis.

### Kandungan Kimia

Kayu merupakan bahan lignoselulosa yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa, lignin dan ekstraktif. Pada jenis kayu yang berbeda maka jenis dan komposisi masing-masing komponen kayu tersebut juga berbeda. Limbah serbuk kayu yang digunakan mula-mula dianalisis kandungan kimianya. Terutama adalah kadar holoselulosa yang berkaitan dengan kadar gula dalam limbah serbuk kayu. Rata-rata hasil analisis kandungan kimia serbuk kayu disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Nilai Rata-rata Kandungan Kimia Limbah Serbuk Kayu (%).

Sifat Kimia	Sengon	Meranti	Jati
Kadar ekstraktif	1,88	5,96	5,43
Kadar lignin	24,69	27,38	29,46
Kadar abu	3,67	0,85	1,28
Kadar holoselulosa	75,76	78,78	77,46
Kadar hemiselulosa	26,36	34,35	31,80
Kadar selulosa	49,4	44,43	45,67

Kadar holoselulosa tertinggi terdapat pada limbah kayu meranti, tetapi kadar selulosa tertinggi terdapat pada limbah kayu Sengon. Semakin tinggi kadar selulosa maka semakin tinggi kadar gula pereduksi yang dihasilkan (Hamelinck et al. 2005).

### Kadar Gula Reduksi

Gula reduksi terdiri dari berbagai macam jenis mono maupun disakarida hasil hidrolisis holoselulosa dari kayu. Kadar gula reduksi dihitung berdasarkan metode Nelson-Somogyi. Nilai rata-rata kadar gula reduksi limbah serbuk kayu disajikan pada Tabel 3.

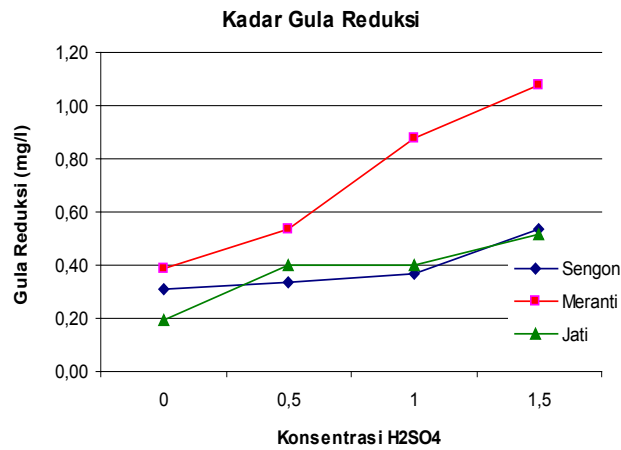
**Tabel 3.** Nilai Rata-rata Kadar Gula Reduksi (mg/ml).

Jenis Kayu	Konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>			
	0	0,5%	1%	1,5%
Sengon	0,31ab	0,34ab	0,37ab	0,53b
Meranti	0,39ab	0,53b	0,87c	1,07c
Jati	0,19a	0,40ab	0,40ab	0,52b

Keterangan : berat serbuk kayu adalah pada kondisi kering tanur. Nilai yang diikuti huruf yang sama adalah tidak berbeda nyata pada  $\alpha = 5\%$ .

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa faktor jenis kayu memberikan pengaruh sangat nyata pada taraf uji 1% terhadap kadar gula reduksi limbah serbuk kayu, sedangkan interaksi antara faktor konsentrasi asam dan jenis limbah serbuk kayu memberikan pengaruh yang nyata pada taraf uji 5%. Hasil analisis varian ini kemudian diuji lanjut menggunakan BNJ (Beda Nyata Jujur) untuk mengetahui pada taraf mana interaksi antara faktor jenis kayu dan konsentrasi asam memberikan perbedaan terhadap kadar gula reduksi limbah serbuk kayu. Hasil uji BNJ interaksi faktor jenis kayu dan faktor konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> menunjukkan bahwa kadar gula reduksi pada limbah serbuk kayu jati dengan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0% berbeda nyata dengan kadar gula reduksi pada limbah serbuk kayu jati dan sengon dengan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1,5%, serta limbah serbuk kayu meranti dengan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5; 1 dan 1,5%. Kombinasi limbah serbuk kayu dengan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yang lain memberikan pengaruh yang tidak berbeda nyata terhadap kadar gula reduksi (Tabel 3).

Secara grafis perubahan kadar gula reduksi berbagai limbah serbuk kayu pada berbagai konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik perubahan kadar gula reduksi berbagai limbah serbuk kayu

Selama dihidrolisis dengan menggunakan  $H_2SO_4$  pada berbagai konsentrasi, limbah serbuk kayu mengalami degradasi dan menghasilkan gula reduksi yang kadarnya berbeda-beda untuk setiap jenis kayu. Hasil gula reduksi tertinggi ditemukan pada kombinasi perlakuan limbah serbuk kayu meranti dengan konsentrasi  $H_2SO_4$  1,5%. Tingginya kadar gula reduksi pada limbah kayu meranti ini diduga berkaitan dengan kadar holoselulosa yang tinggi juga pada limbah kayu meranti yang digunakan. Asam akan menyebabkan ikatan glikosida menjadi terputus, sehingga polisakarida-polisakarida terhidrolisis menjadi gula-gula sederhana (Sjostrom 1995).

Jika dibandingkan dengan hasil penelitian Saba et al. (2005) dengan bahan baku jerami gandum menghasilkan rata-rata gula reduksi 0,56 mg/l, maka rata-rata kadar gula reduksi yang dihasilkan dari penelitian ini masih lebih rendah yaitu 0,49 mg/l. Hal ini diduga karena sifat bahan baku yang berbeda dari jerami gandum dan serbuk kayu, antara lain adanya kandungan ekstraktif di dalam kayu yang tidak terdapat pada jerami gandum, walaupun keduanya termasuk dalam golongan materi lignoselulosa.

### Kadar Etanol

Kadar etanol yang dihasilkan pada penelitian ini adalah melalui proses sakarifikasi fermentasi yang terpisah. Lama waktu fermentasi adalah 72 jam. Kadar etanol diukur dengan menggunakan metode *Ethanol Assay* (Sigma #333-A). Sebelum dilakukan pengukuran sampel, dibuat kurva standar kadar etanol seperti yang disajikan pada Lampiran 4. Nilai rata-rata kadar etanol disajikan pada Tabel 4.

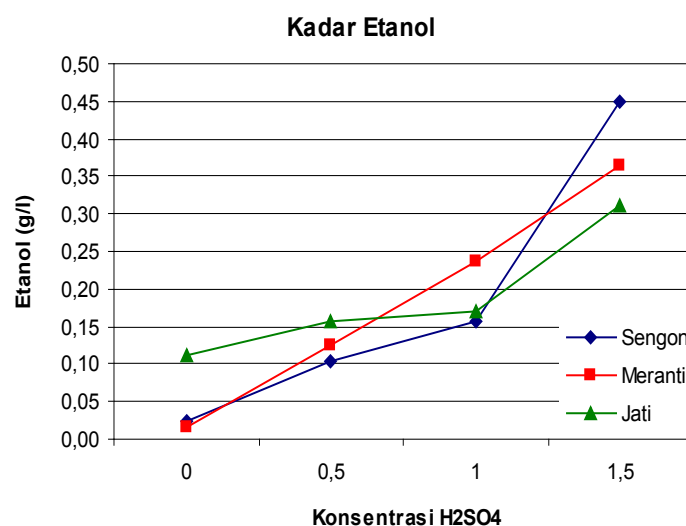
**Tabel 4.** Nilai rata-rata kadar etanol (g/l) dan (l/ton).

Jenis Kayu	Konsentrasi $H_2SO_4$											
	0			0,5%			1%			1,5%		
	(g/l)	(l/ton)		(g/l)	(l/ton)		(g/l)	(l/ton)		(g/l)	(l/ton)	
Sengon	0,024	0,082	ab	0,104	0,334	ab	0,158	0,533	ab	0,448	1,535	b
Meranti	0,016	0,056	a	0,124	0,413	ab	0,235	0,761	ab	0,364	1,223	ab
Jati	0,111	0,373	ab	0,17	0,548	ab	0,158	0,537	ab	0,311	1,052	ab

Keterangan : berat serbuk kayu adalah pada kondisi kering tanur

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa interaksi antara faktor konsentrasi asam dan jenis limbah serbuk kayu memberikan pengaruh yang nyata pada taraf uji 1%. Hasil analisis varian ini kemudian diuji lanjut menggunakan BNJ (Beda Nyata Jujur) untuk mengetahui pada taraf mana interaksi antara faktor jenis kayu dan konsentrasi asam memberikan perbedaan terhadap kadar etanol limbah serbuk kayu. Hasil analisis varian ini kemudian diuji lanjut menggunakan BNJ (Beda Nyata Jujur) untuk mengetahui pada taraf mana interaksi antara faktor jenis kayu dan konsentrasi asam memberikan perbedaan terhadap kadar etanol limbah serbuk kayu. Hasil uji BNJ interaksi faktor jenis kayu dan faktor konsentrasi  $H_2SO_4$  menunjukkan bahwa kadar etanol pada limbah serbuk kayu meranti dengan konsentrasi  $H_2SO_4$  0% berbeda nyata dengan kadar etanol pada limbah serbuk kayu sengon dengan konsentrasi  $H_2SO_4$  1,5%. Kombinasi limbah serbuk kayu dengan konsentrasi  $H_2SO_4$  yang lain memberikan pengaruh yang tidak berbeda nyata terhadap kadar etanol (Table 4).

Secara grafis perubahan kadar etanol berbagai limbah serbuk kayu pada berbagai konsentrasi  $H_2SO_4$  dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Grafik perubahan kadar etanol berbagai limbah serbuk kayu

Kadar etanol tertinggi dihasilkan pada kombinasi perlakuan limbah serbuk kayu sengon dengan konsentrasi  $H_2SO_4$  1,5%. Tingginya kadar etanol pada jenis limbah serbuk kayu sengon diduga hal ini berkaitan dengan kadar selulosa yang tinggi pada limbah serbuk kayu sengon yang digunakan. Hasil hidrolisis selulosa akan menghasilkan glukosa yang dapat difermentasi oleh *yeast* menjadi etanol.

Konsentrasi yang semakin tinggi dari  $H_2SO_4$  yang digunakan dapat meningkatkan kadar etanol yang dihasilkan. Pada penggunaan 0,5%  $H_2SO_4$  terjadi peningkatan kadar etanol yang dihasilkan hingga 40% dibanding kontrol. Pada konsentrasi  $H_2SO_4$  1 dan 1,5% berturut-turut terjadi peningkatan kadar etanol yaitu sebesar 84,9% dan 97,5% dibanding kontrol.

Kadar etanol yang dihasilkan masih rendah jika dibanding penelitian Samsuri et al. (2005) yang menghasilkan kadar etanol sebesar 15,2-15,4 g/l. Akan tetapi apabila dibandingkan dengan hasil penelitian Srivinas et al. (1995), kadar etanol yang dihasilkan tidak jauh berbeda yaitu 0,17 g/l. Rendahnya kadar etanol yang dihasilkan diduga dikarenakan hidrolisis yang

terjadi terhadap limbah serbuk kayu belum sempurna, artinya belum seluruh selulosa serbuk kayu terhidrolisis menjadi glukosa.

Setiap gram serbuk kayu kering tanur yang digunakan, menghasilkan etanol rata-rata sebanyak 0,0049 g dengan kisaran  $4,4 \cdot 10^{-4} - 1,2 \cdot 10^{-2}$  g/g. Apabila digunakan beberapa asumsi antara lain: kerapatan kering tanur serbuk kayu 1,5 g/cm<sup>3</sup> (Haygreen dan Bowyer, 1996), kadar air serbuk kayu 12% (kering angin), dan 1 liter etanol = 0,79 kg, maka dari potensi limbah kayu di Indonesia sebesar 3,03-4,03 juta m<sup>3</sup> (40,6-53,9 juta ton), akan diperoleh etanol sebanyak 25,2-33,5 juta liter.

### Kesimpulan

Berdasar hasil penelitian dan pembahasan seperti tersebut di muka maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin tinggi konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yang digunakan maka semakin tinggi kadar gula reduksi yang dihasilkan. Kadar gula reduksi yang dihasilkan berkisar antara 0,19–1,07 mg/l. Kombinasi perlakuan yang paling baik adalah pada serbuk kayu meranti dengan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1,5%.
2. Semakin tinggi konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yang digunakan maka semakin tinggi kadar etanol yang dihasilkan. Kadar etanol yang dihasilkan berkisar antara 0,016-0,448 g/l. Kombinasi perlakuan yang paling baik adalah pada serbuk kayu sengon dengan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1,5%.
3. Kandungan kimia serbuk kayu yang berpengaruh nyata terhadap kadar etanol yang dihasilkan adalah kadar selulosa. Semakin tinggi kadar selulosa, maka semakin tinggi kadar etanol yang dihasilkan.

### Daftar Pustaka

- Adrados BP, Borska PC, Galbe M, Zacchi G. 2005. Ethanol production from non-starch carbohydrates of wheat bran, *Bioresource Technology* **96**: 843–850.
- Badger PC. 2002. Ethanol From Cellulose: A General Review, Reprinted from: Trends in new crops and new uses. Janick J, Whipkey A (eds.). p:17-21. ASHS Press, Alexandria.
- Bruce A, Palfreyman JW. 1998. *Forest Products Biotechnology*. Taylor and Francis Ltd. London.
- Darmaji P, Suhardi, Suprpto, Herminiwati, Zulhairi RR. 1998. Optimasi Pembuatan Arang Aktif dari Limbah Kayu Keruing Sebagai Filler barang Karet. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pangan dan Gizi. Yogyakarta. 15 Desember 1998.
- Departemen Kehutanan. 2016. *Statistik Kehutanan Indonesia 2015*.
- Goldstein IS. 1981. *Organic Chemical from Biomass*. CRC Press Inc. Boca Raton.
- Hamelinck CN, Hooijdonk GV, Faaij APC. 2005. Ethanol from Lignocellulosic Biomass: Techno-economic Performance in Short-, Middle-, and Long-term. *Biomass and Bioenergy* **28**:384-410.

- Heyne K. 1987. *Tumbuhan Berguna Indonesia Vol. II dan III*, Diterjemahkan oleh Badan Litbang Dep. Kehutanan. Yayasan Sarana Wana Jaya. Jakarta.
- Jeffries TW. 1994. *Biochemistry of Microbial Degradation*. C. Ratledge (Ed.). Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Lewin M, Goldstein IS. 1991. *Wood Structure and Composition*. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Mandang YI, Pandit IKN. 1997. *Pedoman identifikasi Kayu di Lapangan*. Seri Manual. Yayasan Prosea. Bogor.
- Martawijaya A, Iding K, Mandang YI, Soewanda AP, Kosasi K. 1989. *Atlas Kayu Indonesia*. Jilid I dan II. Badan Litbang Kehutanan. Bogor.
- Saha BC, Iten LB, Cotta MA, Wu YV. 2005. Dilute acid pretreatment, enzymatic saccharification and fermentation of wheat straw to ethanol, *Process Biochemistry* **40**: 3693–3700.
- Sjostrom E. 1995. *Kimia Kayu, dasar-dasar dan Penggunaan*. Terjemahan Hardjono Sastrohamidjojo. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sumaryono W. 2005. Policy and R&D on Biofuels and Biomass in Indonesia. Prosiding Biomass Asia Workshop 2. Bangkok-Thailand. 13-15 Desember 2005.
- Zhao X, Zhou Y, Liu D. 2012. Kinetic model for glycan hydrolysis and formation of monosaccharides during dilute acid hydrolysis of sugarcane bagasse. *Bioresource Technology* **105**: 160–168.

# Pengaruh Penambahan Antrakinon terhadap Sifat Pulp dan Lindi Hitam Proses Sulfat pada Kayu Karet

*Ganis Lukmandaru*

Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Jl. Agro, No. 1, Bulaksumur, Sleman

E-mail: [glukmandaru@ugm.ac.id](mailto:glukmandaru@ugm.ac.id)

## ABSTRACT

Anthraquinone is an effective catalyst for pulping especially to increase the rate of delignification. The research which aimed to determine the effect of anthraquinone addition was carried out through kraft process pulping in rubber wood. The conditions were : activate alkali concentrations at 16 and 18 %, anthraquinone addition in three levels concentrations (0; 0.05 and 0.10 %). Further, chips to white liquor ratio was 1 : 4; sulfidity 25 %; maximum temperatures at 170 °C; time to maximum temperature was 2 h; time on maximum temperatures was 2 h. The research used completely randomized design. The research findings showed that average for total yield, screened yield, and rejects varied from 51.16-64.84 %, 44.13-53.59%, and 0.50-18.5%, respectively. Kappa number and alkali consumption of black liquor were ranged 23.1-30.6 ml and 8.38-14.73 %, respectively. Total and suspended solid of black liquor 1600-8500 mg/l and 160-600 mg/l, respectively. By analysis of variance, no significant interaction was found between activate alkali and anthraquinone concentrations. Anthraquinone addition affected significantly to kappa number and total solid levels which is the increasing of anthraquinone concentration caused the decreasing in kappa number as well as the increasing in total solid of black liquor. Activate alkali concentration affected significantly to the levels of pulp yields and kappa number.

**Keywords:** anthraquinone, active alkali, black liquor, *Hevea brasiliensis*, pulp

## Pendahuluan

Bidang penggunaan aditif yang paling mengagumkan dan secara luas diteliti adalah pembuatan pulp alkalis dengan antrakinon (AQ) atau turunannya (Fengel & Wegener 1995). Sulfida dalam lindi pemasak kraft dapat diganti paling tidak sebagian dengan antrakuinon (AQ) atau senyawa-senyawa semacam yang memiliki kemampuan nyata untuk mempercepat delignifikasi sedangkan pada waktu yang sama terjadi penstabilan polisakarida-polisakarida terhadap degradasi alkali (Gellerstedt 2009). Keefektifan antrakinon telah banyak dimanfaatkan dalam proses pulping dengan proses kraft atau soda, baik kayu maupun non-kayu (Feng et al. 2002; Garcia et al. 2012; Gonzales et. al 2013; Jimenez et al. 2009). Ekstrak kayu yang mengandung kinon dan derivatnya seperti kayu jati juga efektif dalam meningkatkan proses delignifikasi (Dimmel et al. 2000; Nawawi et al. 2011).

Di samping pengaruh terhadap pulp yang dihasilkan, antrakuinon akan mempengaruhi komposisi lindi hitam yang nantinya akan diproses lebih lanjut untuk pemulihan menjadi lindi putih. Salah satu tahap pemulihan dari lindi hitam adalah pembakaran yang bahan bakarnya adalah padatan-padatan yang terdapat pada larutan lindi hitam (Sjostrom 1993). Selanjutnya disebutkan bahwa usaha-usaha penghematan energi yang ekstensif selama dua dasawarsa terakhir secara praktis semua uap dan daya listrik yang dibutuhkan untuk memproduksi pulp

kimia sulfit dan kraft dapat diperoleh dari padatan-padatan organik yang terlarut dalam lindi-lindi bekas pembuatan pulp. Padatan-padatan organik yang terlarut merupakan bahan bakar yang cukup berharga dan pembakaran merupakan bagian integral dari proses pemulihan bahan-bahan anorganik (Theliander 2009).

Dari gambaran di atas, perlu diketahui keefektifan dari antrakuinon berdasarkan pengaruhnya pada sifat kimia pulp serta lindi hitam yang dihasilkan pada suatu proses pemasakan sehingga akan dihasilkan data kuantitatif. Penelitian ini menjadi penting karena masih sedikitnya data yang ada mengenai pengaruh keefektifan antrakuinon terhadap kayu-kayu di Indonesia terutama yang berserat pendek dan bergetah seperti kayu karet. Penelitian Arifin (2000) menunjukkan bahwa kayu karet berpotensi menjadi sebagai bahan baku pulp dan kertas. Selain itu, spesies karet mempunyai prospek dikembangkan karena potensi volume yang besar saat sesudah melewati masa produksi getahnya di tanaman perkebunan. Potensi tersebut dapat dikembangkan sebagai bahan baku pengganti seiring penurunan pasokan kayu bulat sehingga bisa menambah informasi teknis dari jenis-jenis dalam negeri.

## **Bahan dan Metode**

### **Bahan penelitian**

Pohon karet yang pertumbuhannya bagus dan bebas cacat umur 25 tahun ditebang sebanyak tiga batang pada ketinggian setinggi dada dengan panjang satu meter di perkebunan daerah Sragen. Potongan kayu dijadikan chip yang berukuran 3 x 3 cm x 2 mm. Bahan kimia pemasak pulp sulfat adalah sodium hidroksida (NaOH) dan sodium sulfida ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) teknis dan bahan aditif antrakuinon komersial (MERCK).

### **Proses pulping**

Setelah dikeringanginkan, pemasakan chip dilakukan dengan proses sulfat sebanyak 400 g chip berat kering tanur dengan sulfiditas 25 %; waktu menuju suhu maksimum 1,5 jam; waktu pada suhu maksimum 2 jam; suhu maksimum 170 °C; tekanan 8- 10 atm sedangkan variabel bebasnya adalah konsentrasi antrakuinon 0 %; 0,05 % dan 0,1 % dan konsentrasi alkali aktif 16 % dan 18 % dari berat kering chip.

### **Penentuan rendemen**

Rendemen pulp adalah perbandingan berat pulp kering tanur yang diperoleh dari hasil pemasakan terhadap berat chip kering tanur, dinyatakan dalam persen. Penentuan berat pulp halus kering tanur hasil penyaringan dilakukan dengan cara mengukur berat dan kadar air pulp dengan mengambil sampel pulp seberat 10 g berat basah sebanyak dua kali ulangan dan dikeringkan dalam oven pada suhu  $103 \pm 2$  °C sampai mencapai berat konstan. Rendemen total dihitung dari semua pulp yang dihasilkan. Setelah pulp disaring dengan saringan 60 mesh, ditentukan rendemen tersaring dan reject/sisa.

## Penentuan sifat kimia

Pengujian bilangan kappa dilakukan dengan menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI) no. 14-0494-89. Konsumsi alkali dilakukan dengan menggunakan standar TAPPI T 625 m-48.

### *Penentuan padatan total dan tersuspensi*

Pengujian padatan total dan padatan tersuspensi menggunakan Standar Industri Indonesia (SII) no. 1882-86.

### *Analisis hasil*

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (*Completely Random Design*) dengan faktor konsentrasi penambahan antrakinin dalam pemasakan pulp yang terdiri dari 3 macam perlakuan yaitu 0 %, 0,01 %, dan 0,01 % dan faktor konsentrasi alkali aktif 16 % dan 18 %. Ulangan dilakukan 3 kali sehingga jumlah sampel keseluruhan ada 3 x 2 x 3. Data dianalisis dengan analisis varians dwi-arah dengan model linier umum. Apabila hasil analisis variansi berbeda nyata maka digunakan uji lanjut dengan uji beda nyata jujur atau Tukey untuk mengetahui pada taraf-taraf mana faktor tersebut menunjukkan perbedaan. Perhitungan statistik menggunakan program komputer SPSS versi 10.0.

## Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis variansi pada semua parameter sifat pulp dirangkum pada Tabel 1. Terlihat bahwa tidak ada interaksi nyata pada dua faktor tersebut. Faktor konsentrasi alkali aktif berpengaruh nyata terhadap semua rendemen, bilangan kappa. Faktor penambahan antrakinin berpengaruh nyata terhadap bilangan kappa dan padatan total dari lindi hitam

**Tabel 1.** Hasil analisis varians untuk sifat pulp kayu karet.

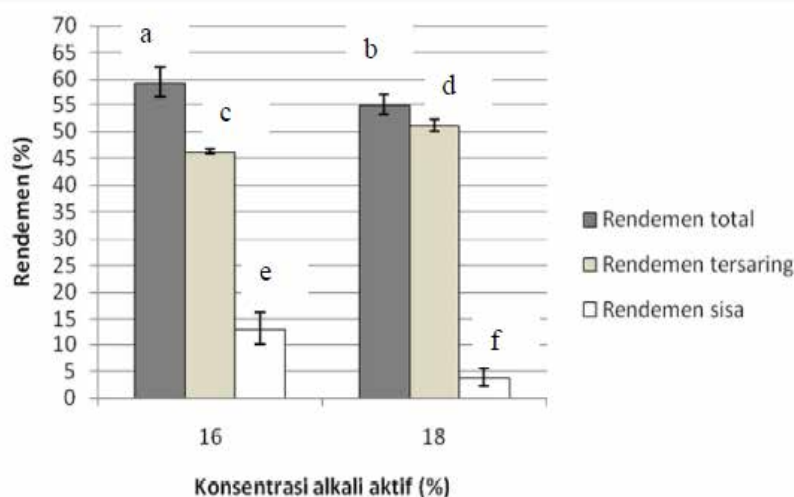
Sumber variasi	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Signifikansi
(a) Rendemen total					
Alkali aktif (A)	1	85,587	85,587	10,618**	0,01>
Antrakinin (B)	2	19,005	9,503	1,179 tn	0,34
A x B	2	50,889	25,445	3,157 tn	0,07
(b) Rendemen tersaring					
Alkali aktif (A)	1	107,262	107,26	41,59**	0,01>
Antrakinin (B)	2	5,875	2,938	1,139 tn	0,35
A x B	2	2,548	1,274	0,494 tn	0,64
(c) Rendemen sisa					
Alkali aktif (A)	1	384,476	384,476	56,908**	0,01>
Antrakinin (B)	2	38,355	19,178	2,839 tn	0,09
A x B	2	38,485	19,243	2,848 tn	0,09
(d) Bilangan kappa					

Alkali aktif (A)	1	5,227	5,227	6,893*	0,02
Antrakinon (B)	2	55,738	27,869	36,750**	0,01>
A x B	2	4,271	2,136	2,816 tn	0,09
(e) Konsumsi alkali					
Alkali aktif (A)	1	14,116	14,116	4,737 tn	0,05
Antrakinon (B)	2	1,538	0,769	0,258 tn	0,77
A x B	2	5,531	2,766	0,928 tn	0,42
(f) Padatan total					
Alkali aktif (A)	1	222222,222	222222,222	0,133 tn	0,72
Antrakinon (B)	2	15050000	7526666,667	4,508*	0,03
A x B	2	515111111	2575555,556	1,543 tn	0,25
(g) Padatan tersuspensi					
Alkali aktif (A)	1	34,722	34,722	0,003 tn	0,95
Antrakinon (B)	2	74658,333	37329,167	3,721 tn	0,05
A x B	2	46686,111	23343,056	2,327 tn	0,14

Keterangan : \*= beda nyata pada taraf uji 5 %, \*\*= beda nyata pada taraf uji 1 %, tn = tidak berbeda nyata

## Rendemen

Pulp kraft-AQ dari kayu keras menunjukkan rendemen meningkat 1 % dengan derajat putih dan sifat-sifat keseluruhan yang sebanding (Fengel & Wegener 1995). Kisaran rendemen total, tersaring dan sisa masing-masing adalah 51,16-64,84 %, 44,13-53,59%, dan 0,50-18,5%. Rendemen pemasakan chip karet dipengaruhi nyata oleh konsentrasi alkali aktif disajikan pada Gambar 1. Terlihat bahwa konsentrasi alkali aktif 18 % memberikan nilai rendemen total (54,98 %) dan reject (3,87 %) lebih rendah tetapi rendemen tersaring (51,11%) lebih tinggi dibandingkan konsentrasi 16 %.



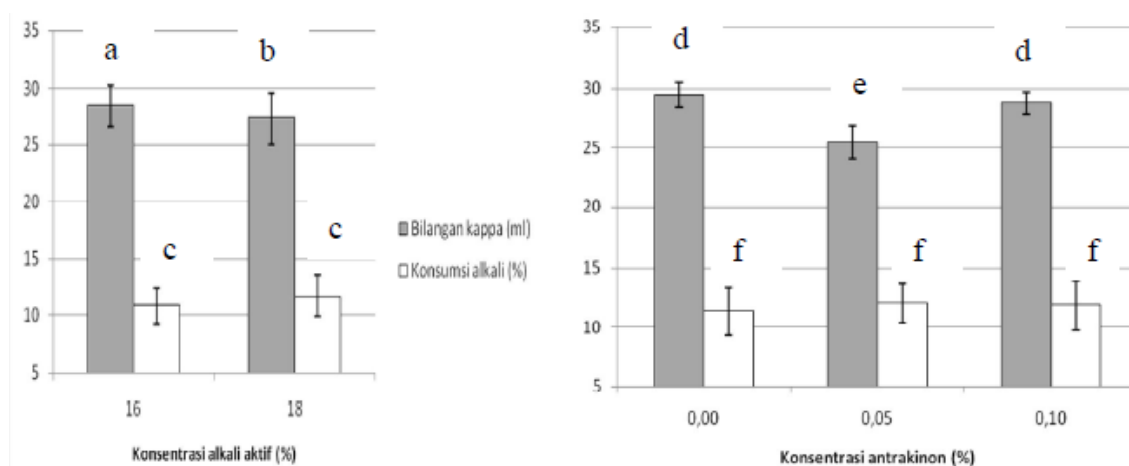
**Gambar 1.** Rendemen pada pemasakan pulp kayu karet (rerata tiga ulangan). Huruf yang sama menandakan tidak beda nyata pada uji Tukey pada taraf uji 5 %.

Rendemen tersaring menunjukkan banyak penguraian serat dari chip sedangkan rendemen sisa (*rejects*) menunjukkan jumlah chip yang tidak terurai menjadi serat saat

pemasakan. Semakin tinggi nilai konsentrasi alkali aktif berarti semakin banyak bahan kimia yang ditambahkan sehingga menyebabkan reaksi terhadap lignin sebagai pengikat serat lebih intensif mengakibatkan serat yang dihasilkan lebih banyak. Menurunnya rendemen total menunjukkan adanya gula yang mulai terlarut dalam pemasakan bersamaan dengan delignifikasi. Penambahan antrakinson tidak berpengaruh nyata diduga karena faktor kayu karet yang mempunyai zat ekstraktif atau getah yang menghalangi reaksi antrakinson sehingga reaksinya tidak merata pada semua bagian. Kecenderungan berbeda ditunjukkan pada proses soda-antrakinson untuk pulping kayu pinus dan sengon dimana kenaikan bahan aditif antrakinson meningkatkan selektivitas delignifikasinya (Nawawi et al. 2011). Sehingga diduga kemungkinan lainnya adalah pada reaksi proses sulfat, antrakinson kurang berperan dibandingkan natrium sulfida ( $\text{Na}_2\text{S}$ ).

### Bilangan kappa dan konsumsi alkali

Kisaran bilangan kappa dan konsumsi alkali adalah 23,1-30,6 dan 8,38-14,73 %. Kedua faktor berpengaruh nyata terhadap bilangan kappa tetapi tidak nyata pada konsumsi alkali. Hasil uji lanjut disajikan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Bilangan kappa dan konsumsi alkali (%) pada pemasakan pulp kayu karet (rerata tiga ulangan). Huruf yang sama menandakan tidak beda nyata pada uji Tukey pada taraf uji 5 %.

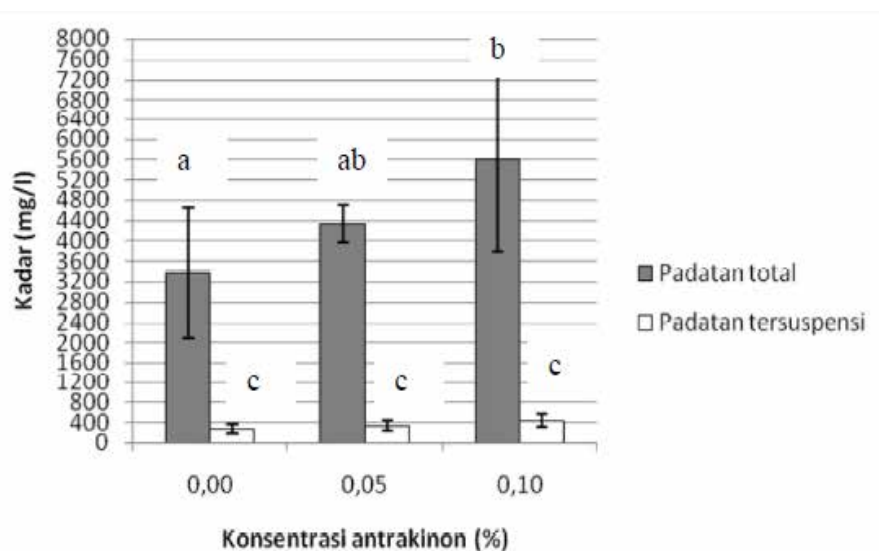
Bilangan kappa menunjukkan tingkat kematangan pulp dalam suatu proses pemasakan yaitu semakin rendah nilainya menunjukkan kandungan lignin pulp yang semakin rendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan antrakinson sampai taraf 0,1% akan berfluktuasi dimana sampai taraf 0,05% akan menurunkan bilangan kappa sedangkan penambahan selanjutnya akan menaikkan nilai. Hal tersebut menunjukkan bahwa bilangan kappa akan menurun seiring meningkatnya konsentrasi alkali aktif dengan penambahan antrakinson sampai 0,50%. Semakin tinggi nilai konsentrasi alkali aktif akan menurunkan nilai bilangan kappa karena semakin keras pemasakan akan meningkatkan reaksi delignifikasi. Hal tersebut juga ditunjukkan semakin sedikitnya rendemen sisa dan tingginya nilai rendemen tersaring pada konsentrasi alkali aktif 18%. Secara teoritis antrakinson akan mempercepat reaksi oksidasi gugus ujung pereduksi gula dan pembelahan ikatan  $\beta$ -aril-eter pada lignin (Gellerstedt 2009).

Nilai konsumsi alkali menunjukkan banyaknya alkali yang digunakan oleh chip kayu yang dimasak dalam mendegradasi lignin. Peningkatan konsentrasi alkali aktif sampai 18% diharapkan menaikkan nilai konsumsi alkali. Hal ini disebabkan daya difusi dan penetrasi ke dalam jaringan kayu lebih intensif sehingga kesempatan untuk bereaksi dengan lignin dan zat ekstraktif semakin besar sehingga alkali yang terpakai dalam proses juga semakin meningkat. Hal tersebut juga ditunjukkan oleh penurunan bilangan kappa pada peningkatan konsentrasi alkali aktif. Meski demikian, konsumsi alkali meningkat seiring meningkatnya konsentrasi alkali aktif sedangkan penambahan antrakinon meskipun berkecenderungan menaikkan nilai tetapi pengaruhnya tidaklah nyata.

Penambahan antrakinon tidak berpengaruh nyata karena sampai taraf 0,1% diduga karena tidak menghasilkan tegangan permukaan serat yang berbeda sehingga penetrasi chip relatif sama sehingga konsumsi alkali yang dipakai lignin dan senyawa lainnya relatif sama. Selain itu, diduga bahwa ada konsentrasi antrakinon yang terlalu kecil kurang efektif dalam meningkatkan selektivitas deliginifikasi. Dimmel et al. (2000) yang meneliti proses pulping pada 15 spesies kayu yang mengandung antrakinon dalam ekstraktifnya, mendapatkan hasil hanya chip kayu jati yang efektif menurunkan nilai bilangan kappa. Selanjutnya dijelaskan bahwa hanya jati yang mengandung kadar ekstrak kinon derivatifnya relatif besar dibanding kayu lainnya. Nawawi et al. (2011) juga mendemonstrasikan semakin turunnya kadar lignin dengan semakin bertambahnya kadar metil-antrakinon dalam ekstrak kayu jati.

### Padatan total dan tersuspensi

Kisaran padatan total dan tersuspensi 1600-8500 mg/l dan 160-600 mg/l secara berturut-turut. Hanya faktor konsentrasi antrakinon yang berpengaruh nyata terhadap padatan total. Hasil uji lanjut disajikan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Padatan total dan tersuspensi (%) pada pemasakan pulp kayu karet (rerata tiga ulangan). Huruf yang sama menandakan tidak beda nyata pada uji Tukey pada taraf uji 5 %.

Padatan total dapat menunjukkan jumlah total padatan yang terkandung dalam lindi hitam dalam hal ini dapat terdiri dari padatan tersuspensi dan padatan larutan. Padatan ini dapat berupa senyawa-senyawa organik seperti lignin, selulosa, hemiselulosa dan zat ekstraktif dan bahan kimia yang terlarut. Padatan tersuspensi dapat berupa serat-serat pendek, bahan pengisi dan aditif. Senyawaan suspensi adalah senyawa-senyawa yang memiliki ukuran molekul lebih besar dari  $10^{-5}$  cm dan dapat dipisahkan dari air melalui penyaringan. Padatan terlarut berasal dari bahan-bahan organik yang larut dalam pemasakan pulp (Nicholls 1973).

Hasil uji beda nyata jujur menunjukkan bahwa penambahan antrakinon sampai 0,05% tidak berbeda nyata sedangkan pada taraf 0,1 % berbeda nyata. Penambahan antrakinon 0,05%, dan 0,1% tidak menunjukkan perbedaan nyata. Nilai padatan total terendah didapatkan pada konsentrasi 16% tanpa penambahan antrakinon yaitu sebesar 3066,67 mg/l sedangkan tertinggi didapatkan pada konsentrasi alkali aktif 16 % dengan penambahan antrakinon 0,1% yaitu 6466,67 mg/l. Hal tersebut menunjukkan bahwa padatan total akan meningkat seiring meningkatnya penambahan antrakinon. Penambahan antrakinon menyebabkan tingkat delignifikasi yang tinggi seperti yang ditunjukkan oleh bilangan kappa.

### Kesimpulan

Tidak ada interaksi nyata antara faktor konsentrasi alkali aktif dan antrakinon. Konsentrasi alkali aktif berpengaruh sangat nyata terhadap rendemen tersaring dan sisa serta berpengaruh nyata terhadap konsumsi alkali. Penambahan antrakinon berpengaruh sangat nyata terhadap bilangan kappa pulp dan padatan total lindi hitam. Nilai rerata bilangan kappa terendah didapatkan pada penambahan antrakuinon 0,05 % yaitu 24,5 dan padatan total tertinggi pada penambahan antrakuinon 0,1% yaitu 6466,67 mg/l. Penambahan antrakuinon tidak berpengaruh nyata pada rendemen tersaring, rendemen sisa pulp, serta konsumsi alkali dan padatan tersuspensi lindi hitam pulp karet. Perlu dipelajari kemungkinan penurunan bilangan kappa dengan menambah kadar antrakuinon dalam larutan pemasak serta kemungkinan pengaruh adanya ekstraktif atau getah dalam kayu karet dalam pembuatan pulp karet termasuk sifat pulp dan kertasnya.

### Daftar Pustaka

- Arifin Z. 2000. Pemanfaatan kayu karet (*Hevea braziliensis* Muell. Arg.). Prosiding Seminar Nasional MAPEKI\_II. Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada.(B5): 231-243.
- Departemen Perindustrian. 1989. Cara Uji Sifat Fisik, Optik, dan Kimia Pulp, Kertas serta Karton. Standar Nasional Indonesia. Jakarta.
- Dimmel DR, Sklar PI, Crews KE, Pullman GS. 2000. Pulpig catalysts in trees. *Journal of Wood Chemistry and Technology* **20**(3):225-242.
- Fengel D, Wegener G. 1995. Kayu : Kimia, Ultrastruktur dan Reaksi-reaksi. Diterjemahkan oleh Hardjono Sastrohamidjojo. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Feng Z, Alén R, Niemelä K. 2002. Formation of aliphatic carboxylic acids during Soda-AQ pulping of kenaf bark. *Holzforchung* **56**(4):388–394.

- Garcia JC, Zamudio MAM, Perez A, Feria MJ, Gomide JL, Colodette JL, Lopez F. 2012. Soda-AQ pulping of Paulownia wood after hydrolysis treatment. *BioResources* **6**(2):971-986.
- Gellerstedt G. 2009. Chemistry of chemical pulping. Dalam : Ek M, Gellerstedt G, Henriksson G (ed). *Pulp and Paper Chemistry and Technology Volume 2 : Pulping Chemistry and Technology*. Walter de Gruyter GmbH & Co. Berlin: 45-70.
- Gonzales Z, Rodriguez A, Vargas F, Jimenez L. 2013. Refining of soda-AQ, kraft-AQ, and ethanol pulps from orange tree wood. *BioResources* **8**:5622-5634.
- Jiménez L, Serrano L, Rodríguez A, Sánchez R. 2009. Soda-anthraquinone pulping of palm oil empty fruit bunches and beating of the resulting pulp. *Bioresource Technology* **100**:1262-1267.
- Nawawi DS, Suyono, Widyorini AA. 2011. Ekstrak kayu jati sebagai katalis delignifikasi pulping soda. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* **9**(2):101-110.
- Nicholls GA. 1973. Kraft multistage Bleach Plant Effluents. *TAPPI* 56 (3):114.
- Technical Association for the Pulp and Paper Industries. 1992. *TAPPI Test Method T 222 os-74*. TAPPI Press. Atlanta.
- Theliander H. 2009. Recovery of cooking chemicals: the treatment and burning of black liquor. Dalam : Ek M, Gellerstedt G, Henriksson G (ed). *Pulp and Paper Chemistry and Technology Volume 2 : Pulping Chemistry and Technology*. Walter de Gruyter GmbH & Co. Berlin.

# Keanekaragaman Jenis dan Potensi Serapan Karbon di Areal PT. Sarpatim Kalimantan Tengah

Herianto<sup>1</sup>, Zaenal Kusuma<sup>2</sup>, Ellis Nihayati<sup>2</sup>, & Cahyo Prayogo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Doktor Ilmu Pertanian, Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan  
Universitas Brawijaya, Malang-Indonesia

<sup>2</sup>Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang-Indonesia  
Email: heriantotito@gmail.com

## ABSTRAK

Kegiatan penebangan akan berdampak pada perubahan komposisi dan struktur tegakan, penyebaran jenis pohon, kesamaan komunitas, keragaman jenis dan serapan karbon. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa keanekaragaman jenis tumbuhan dan potensi serapan karbon di hutan masyarakat dan tegakan tinggal areal PT. Sarpatim Kalimantan Tengah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi dan struktur tegakan secara ekologi berbeda, yang ditunjukkan dengan nilai indeks keragaman jenis yang sangat stabil. Jenis-jenis penyusun tegakan pada tingkat semai, pancang, tiang dan pohon dari tiap-tiap lokasi hampir semua berbeda. Namun ada beberapa jenis yang sama ditemui mendominasi pada lokasi tahun 2005, 2010 dan 2015 seperti *Shorea leprosula*, *Dipterocarpus borneensis*, *Shorea laevis*, *Litsea sp.*; dan yang mendominasi pada desa Tumbang Payang dan desa Tumbang Kania seperti *Hevea brasiliensi*. Kerapatan tegakan di lokasi blok 2005 lebih rendah dibanding dengan kedua lokasi tahun 2010 dan 2015, sementara lokasi 2010 adalah lokasi dengan kerapatan tegakan paling tinggi. Potensi cadangan karbon pada semua lokasi penelitian berdasarkan komponen penyusun tegakan tinggal menunjukkan bahwa rata-rata tegakan tingkat pohon memberikan kontribusi yang sangat besar dibandingkan pada tegakan tingkat tiang, pancang dan semai. Hal ini karena, adanya korelasi positif antara ukuran diameter pohon dengan jumlah cadangan karbon, dimana semakin besar ukuran diameter pohon menyebabkan cadangan karbon (CO<sub>2</sub>) akan semakin tinggi.

**Kata kunci:** CO<sub>2</sub>, keragaman, kerapatan, komposisi, komunitas tegakan

## Pendahuluan

Berdasarkan luas kawasan hutan di Kalimantan Tengah yang tertuang dalam Perda No. No.08/2003 dan SK Menhut No.292/Menhut II/2012, luas hutan Kalimantan Tengah sebesar 10.658.673,48 ha atau 64 persen dari luasan keseluruhan Kalimantan Tengah. Kawasan hutan tersebut terdiri atas hutan konservasi seluas 1.848.485,60 ha, hutan lindung 766.392,06 ha, hutan produksi 8.038.792,02 ha, dan hutan penelitian atau pendidikan 5.003,80 ha (Dinas Kehutanan 2012). Luasan tersebut merupakan satu kesatuan ekosistem dengan berbagai macam komponen sumberdaya alam hayati beserta alam lingkungannya yang tidak dapat dipisahkan satu dengan yang lainnya. Komponen dalam hutan tersebut saling terkait dan menjadikan hutan sebagai obyek yang kompleks dan tidak mudah untuk dikelola. Pengelolaan hutan akan mampu memberikan manfaat secara lestari apabila dikelola dengan sistem yang benar, sistem pengelolaan hutan terwujud apabila pengelolaan hutan dilakukan secara berkelanjutan atau *Sustainable Forest Management (SFM)*.

Mengingat kerusakan hutan yang terjadi pada masa lalu akibat dari pemanenan hutan, telah menimbulkan berbagai dampak yang tidak dapat dihindari, antara lain kerusakan tegakan tinggal, keterbukaan lantai hutan, mengurangi stok karbon, meningkatkan kepadatan tanah dan lain-lain. Kerusakan tegakan tinggal dapat diakibatkan karena pemanenan hutan berupa, kerusakan tajuk, kerusakan batang, kerusakan banir, rebah batang atau tumbang batang. Dapat pula terjadi akibat campur tangan manusia yang memungkinkan tegakan tinggal tidak dapat kembali seperti semula atau dalam keadaan normal. Kerusakan juga terjadi akibat, tertimpunya pohon lain (pohon inti) oleh pohon yang ditebang dan kegiatan pengangkutan kayu yang selain merusak tegakan tinggal juga membuka lantai hutan. Penyebab lain dapat diakibatkan oleh adanya kegiatan deforestasi dan degradasi hutan. Kegiatan akibat deforestasi hutan seperti konversi hutan menjadi perkebunan, pertambangan, industri, lahan pertanian dan perikanan. Sedangkan kegiatan lain degradasi hutan meliputi, illegal logging, kesalahan dalam kegiatan pengelolaan hutan dan terjadinya kebakaran hutan.

Dampak yang ditimbulkan, akan terjadi ruang terbuka sehingga radiasi dari sinar matahari, akan masuk dan akan mengakibatkan terjadinya peningkatan suhu tanah dan menurunnya jumlah air tanah (*ground water*). Sedangkan dampak yang lain akan terjadinya penurunan simpanan karbon dibagian permukaan yang akan mengakibatkan perubahan terhadap cadangan karbon pada bagian bawah (Mudiyarso et al. 2004). Dampak lain juga akan mengancam jenis-jenis tumbuhan asli lokal yang sudah semakin langka dan bahkan hampir terancam musnah seperti jenis kayu ulin (*Eusideroxylon zwageri*), tengkawang (*Shorea stenoptera*), Benuas (*Hopea celebica*), keruing (*Dipterocarpus elongatus*), Cengal (*Hopea sangal* Korth), Meranti (*Shorea leprosula*), Jelutung (*Dyera lowii* Hook F), Kempas (*Koompassia* sp.) dan banyak jenis lainnya, yang mempunyai potensi untuk dapat dibudidayakan. Jenis-jenis seperti tersebut di atas, perlu mendapat perhatian untuk dapat dilestarikan bahkan dikembangkan. Pelestarian jenis tumbuhan perlu dilakukan sebagai upaya rehabilitasi hutan yang telah mengalami kerusakan.

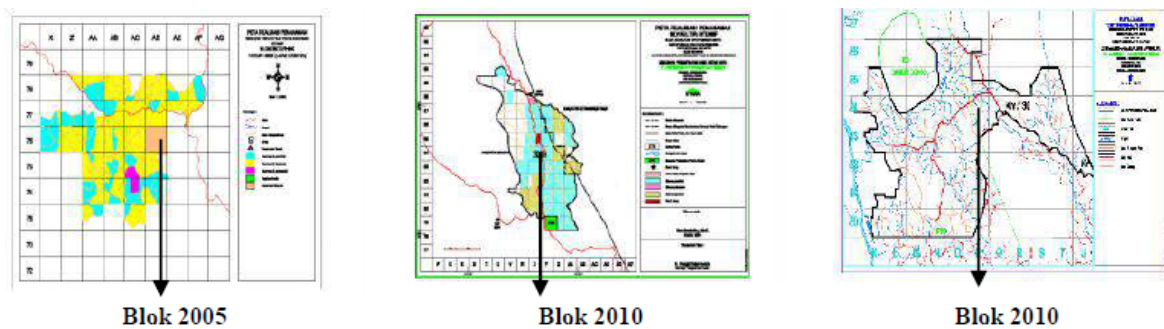
Untuk mewujudkan pengelolaan hutan tetap lestari perlu dilakukan kajian dengan pengelolaan hutan secara efektif dan efisien. Prinsip dari pengelolaan hutan berkelanjutan akan terwujud apabila adanya keseimbangan antara fungsi ekonomi, fungsi ekologi dan fungsi sosial hutan, yang dicirikan dengan produksi hasil hutan yang berkesinambungan tanpa banyak menyebabkan penurunan nilai dan produktivitas serta pengaruh yang merugikan lingkungan fisik dan sosial. Untuk mencapai keseimbangan ketiga aspek tersebut, tentunya dibutuhkan perencanaan jangka panjang yang matang. Dalam penyusunan perencanaan diperlukan, data informasi tentang keragaman jenis, perilaku tegakan hutan, karakteristik fisik hutan, struktur tegakan hutan, serta komposisi tegakan dan dinamikanya dari waktu ke waktu.

Berdasarkan paradigma tersebut di atas, harapan peneliti akan mampu memberikan informasi ilmiah mengenai potensi keragaman jenis dan karbon tersimpan di hutan masyarakat dan tegakan tinggal, selanjutnya jenis-jenis tumbuhan asli lokal yang ada di masing-masing lokasi, agar segera mendapat perhatian agar tetap terjaga dan bahkan dapat dibudidayakan, dilestarikan dan dikembangkan dari kepunahannya.

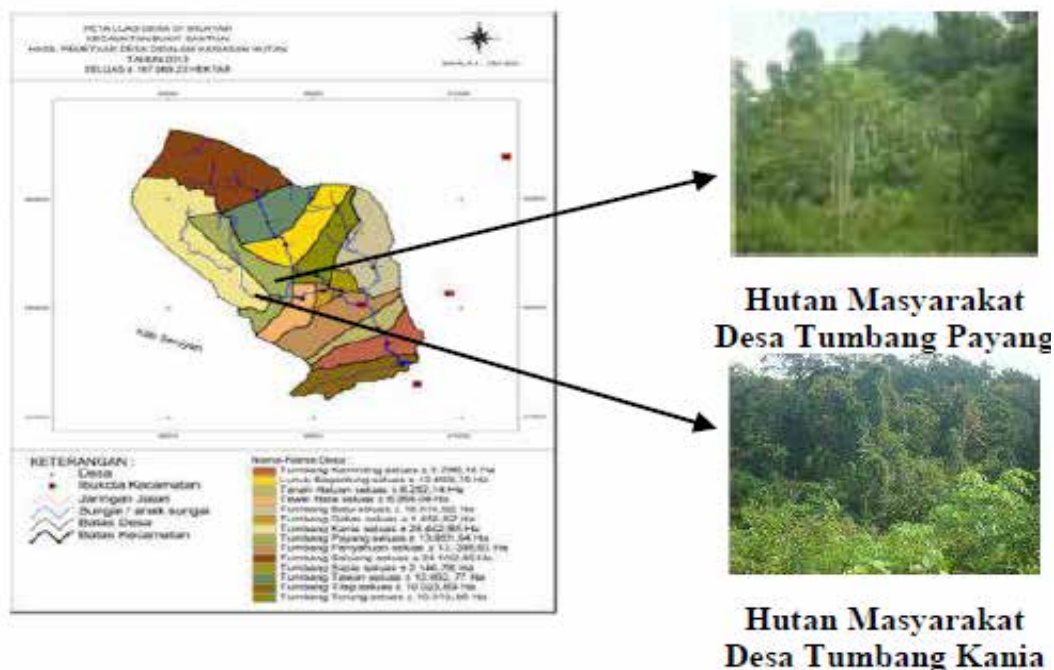
## Metode Penelitian

### Lokasi

Penelitian dilaksanakan di areal PT. Sarmiento Parakantja Timber (PT. Sarpatim), yang memiliki Ijin Usaha Pemanfaatan Hasil Hutan Kayu di Hutan Alam (IUPHHK-HA), termasuk wilayah Kabupaten Kotawaringin Timur Kalimantan Tengah. Secara geografis terletak antara  $112^{\circ}0' - 112^{\circ}29'$  Bujur Timur dan  $10^{\circ}23' - 2^{\circ}26'$  Lintang Selatan. Lokasi penelitian terletak pada blok tanam tahun 2005, 2010 dan 2015 (Gambar 1), dan 2 (dua) desa yang berbatasan yaitu desa Tumbang Payang dan desa Tumbang Kania (Gambar 2), hutan yang dikelola termasuk hutan sekunder yang termasuk pada tebangan rotasi kedua. Areal kerja IUPHHK PT. Sarpatim terletak pada ketinggian 18 – 94 m dpl, secara umum topografi areal kerja didominir oleh kelas lereng A (datar) dengan kelereng 0-8% (LRBLK 2008).



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian Tegakan Tinggi



**Gambar 2.** Lokasi Penelitian Desa Tumbang Payang dan Desa Tumbang Kania

Prosedur pengambilan data untuk analisis vegetasi struktur tegakan berdasarkan, tingkat pertumbuhan yang mengacu pada SNI 7724 (2011) (Gambar 3), dan teknik pengumpulan data

menggunakan metode kombinasi yaitu metode jalur dan metode garis berpetak menurut Wijana (2014). Data hasil pengukuran analisis vegetasi dihitung menggunakan rumus Soerianegara dan Indrawan (2005), Kerapatan (K), Kerapatan Relatif (KR), Frekuensi (F), Frekuensi Relatif (FR), Dominansi (D) dan Dominansi Relatif (DR), selanjutnya dihitung Indeks Nilai Penting (INP) tegakan tingkat pohon, tiang, pancang dan semai di masing-masing lokasi penelitian.

$$\begin{aligned} \text{Kerapatan} &= \frac{\sum \text{individu suatu jenis}}{\text{luas petak contoh}} \\ \text{Kerapatan Relatif (KR)} &= \frac{\text{kerapatan suatu jenis}}{\text{kerapatan seluruh jenis}} \times 100\% \\ \text{Frekuensi} &= \frac{\sum \text{plot diketemukannya suatu jenis}}{\text{jumlah seluruh petak contoh}} \\ \text{Frekuensi Relatif (FR)} &= \frac{\text{Frekuensi dari suatu jenis}}{\text{Frekuensi dari seluruh jenis}} \times 100\% \\ \text{Dominansi/Luas penutupan tajuk} &= \frac{\sum \text{luas bidang dasar suatu jenis}}{\text{Luas petak contoh}} \\ \text{Dominansi Relatif (DR)} &= \frac{\text{Dominansi suatu jenis}}{\text{dominansi dari seluruh jenis}} \times 100\% \end{aligned}$$

Nilai INP menggunakan rumus Cottam dan Curtis (1956):  $INP = KR + FR + DR$ , Semakin tinggi nilai penting suatu jenis, semakin tinggi pula tingkat penguasaannya di dalam komunitas yang bersangkutan. Untuk mengetahui keanekaragaman jenis dihitung dengan menggunakan rumus indeks diversitas dari Shannon-Wiener (1949) yang dikutip oleh Odum (1996) dengan rumus sebagai berikut:

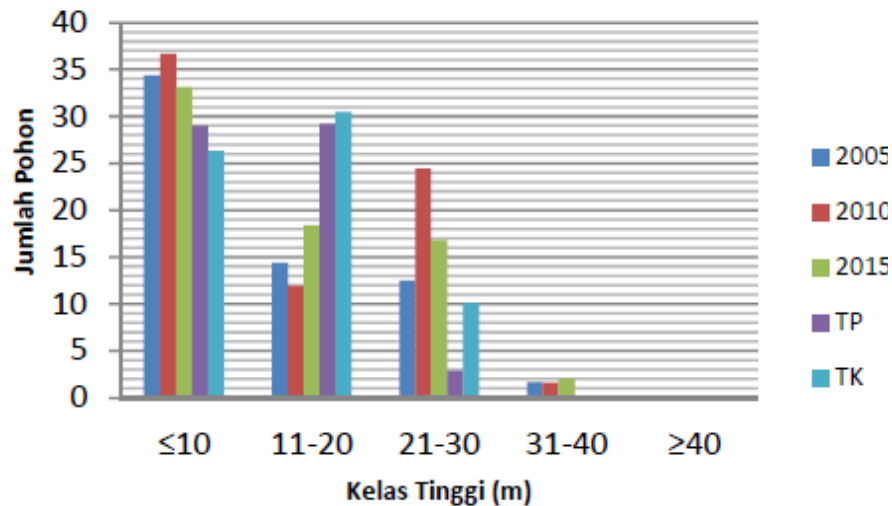
$$H' = - \sum_{i=1}^n \left( \frac{n_i}{N} \right) \ln \left( \frac{n_i}{N} \right)$$

Keterangan:

- H' = Indeks keanekaragaman spesies
- N = Jumlah total individu
- n<sub>i</sub> = Jumlah spesies ke-i
- ln = Logaritma natural

Menurut Krebs (1989) memberikan batasan bahwa kriteria Indeks keanekaragaman adalah jika  $H' < 1$  maka keanekaragaman rendah; jika  $1 < H' < 3$  maka keanekaragaman sedang; dan jika  $H' > 3$  maka keanekaragaman tinggi. Analisis kuantitatif untuk mengetahui pengaruh

variabel bebas terhadap variabel terikat, dipergunakan regresi linier berganda yang dilanjutkan pengujian hipotesis dengan uji-F dan uji-t menurut Gaspersz (1991), dengan Ms. Excel dan SPSS (*Statistical Product and Service Solution*) versi 24. Pengukuran cadangan karbon diestimasi dari hasil pengukuran berat massa, kelima pools karbon metode RaCSA (*Rapid Carbon Stock Appraisal*) menurut IPCC (2006) seperti, biomassa pohon, tumbuhan bawah, nekromassa, akar dan tanah (Gambar 3).



**Gambar 3.** Struktur dan Komposisi Tegakan

## Hasil dan Pembahasan

### Struktur dan Komposisi Tegakan

Kondisi struktur tegakan vertikal pada masing-masing petak penelitian dengan kelas tinggi vegetasi masing-masing <10 m, 11-20 m, 21-30 m, 31-40 m dan >40 m cenderung mengalami penurunan dalam jumlah vegetasi per satuan luas lahan, kondisi hutan memiliki variasi penyebaran pohon berdasarkan kelas ketinggiannya. Menunjukkan bahwa semakin tinggi ukuran pohon maka semakin berkurang jumlah pohon tersebut. Hal ini sesuai dengan pernyataan Saridan dan Soegiharto (2011) yang menyatakan bahwa jumlah vegetasi dalam hutan alam berbanding terbalik dengan tinggi, yaitu semakin tinggi vegetasi hutan semakin sedikit jumlahnya.

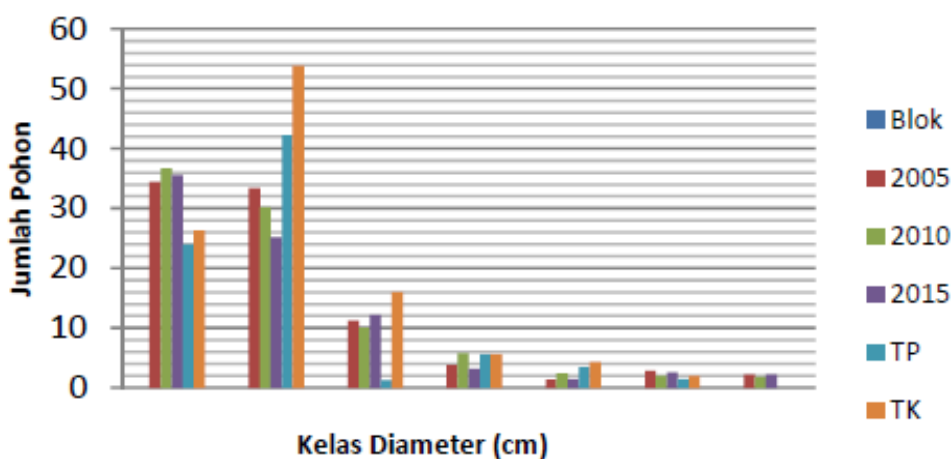
Struktur tegakan vertikal pada petak penelitian tahun 2005, tahun 2010 dan tahun 2015 menunjukkan karakteristik menyerupai huruf “J” terbalik. Menurut Lamprecht (1989), hutan semua umur (*unaged forest*) yang normal dan sehat mempunyai Struktur yang membentuk huruf “J” terbalik. Dengan demikian kondisi tegakan hutan pada areal penelitian, masih dalam kondisi normal dan sehat.

Berdasarkan klasifikasi stratum dalam hutan menurut Soerianegara dan Indrawan (1980), maka hasil penelitian di lapangan menunjukkan bahwa sebelum dilakukan kegiatan pemanenan kayu terlihat bahwa strata tajuk terdiri dari 4 (empat) stratum/lapisan tajuk yaitu stratum A (tinggi total >30 m), stratum B (tinggi total 20-30 m), stratum C (tinggi total 4-20 m),

dan stratum D (tinggi 1-4 m) sedangkan setelah dilakukan kegiatan pemanenan kayu terdapat tegakan-tegakan yang rusak sehingga mengakibatkan perubahan (penurunan) jumlah tegakan pada masing-masing stratum. Namun penurunan jumlah tegakan tersebut, tidak mengakibatkan hilangnya stratum-stratum yang ada.

Pada stratum A hutan bekas tebangan, banyak ditemukan jenis yang belum komersial (*lesser know species*) seperti jambu-jambuan (*Eugenia spp.*), medang (*Litsea spp.*), pampaning (*Quercus sp.*), binuang (*Octomeles sp.*), bunyau (*Santiria griffithii*), kumpang (*Horsfieldia crassifolia*), mahawai (*Cyathocalyx biovulatus*), hal tersebut diduga karena jenis tersebut lebih mampu bersaing dengan individu jenis lainnya dalam hal memenuhi kebutuhan akan unsur hara, mineral, tanah, air, cahaya dan ruang tumbuh secara keseluruhan. Jenis-jenis tersebut juga belum ditebang, sehingga keberadaannya masih banyak pada hutan bekas tebangan.

Struktur tegakan horizontal didasarkan pada hubungan antara kelas diameter dengan jumlah pohon pada masing-masing petak penelitian, yang dibagi dalam kelas diameter <10 cm, 10-19,9 cm, 20-29,9 cm, 30-39,9 cm, 40-49,9 cm, 50-59,9 cm dan >\_60 cm. Menunjukkan bahwa ketiga areal bekas tebangan tersebut memiliki variasi sebaran pohon yang berbeda, dengan berbagai kelas diameter. Jumlah individu berdasarkan kelas diameter pada setiap kondisi hutan, akan mengalami penurunan dari diameter kecil ke diameter besar. Penurunan jumlah individu yang terlihat paling menonjol terdapat pada kelas diameter <10 cm ke kelas diameter 10-19.9 cm. Hal ini sesuai dengan pernyataan Saridan dan Soegiharto (2011) bahwa jumlah vegetasi dalam hutan alam berbanding terbalik dengan besar diameternya, yaitu semakin besar diameter pohon maka semakin sedikit jumlahnya.



**Gambar 4.** Struktur Tegakan Horizontal

Struktur tegakan horizontal pada gambar di atas, menunjukkan bahwa jumlah pohon yang semakin berkurang dari kelas diameter kecil ke kelas diameter yang besar, sehingga bentuk kurva dapat dicirikan dengan jumlah sebaran pada setiap tingkat pertumbuhannya yang menyerupai huruf “J” terbalik. Hal ini diduga bahwa struktur tegakan pada setiap petak merupakan hutan yang tidak seumur yang relatif seimbang, dimana jumlah individu semakin berkurang dengan semakin besarnya ukuran diameter pohon.

## Komposisi Jenis

Komposisi jenis pohon pada blok RKT tahun 2005 yang mendominasi seperti jenis meranti, bangkirai, banitan, benuas, bintangur, bunyau, kamasulan, kumpang, kayu arang, mahawai, medang, tengkawang, ubar, mahang, bunyau, jambu-jambu, dan pampaning. Komposisi jenis pada tahun 2010 yang mendominasi seperti jenis meranti, bangkirai, keruing, bintangur, bunyau, keruing, kopi hitam, kumpang arang, mahang, mahawai, medang, resak, dan ubar. Komposisi jenis tahun 2015 yang mendominasi seperti jenis meranti, keruing, medang, jambu-jambu, bintangur, bunyu, hanyer bajai, kayu gahung, kayu asem, mahawai, pampaning, tehng, dan ubar. Komposisi jenis pada desa Tumbang Payang dan desa Tumbang Kania seperti karet, joring, mahawai, panguan.

**Tabel 1.** Nilai Kerapatan setiap Jenis Pada Tingkat Pertumbuhan

Kondisi Tegakan	Kerapatan Jenis (jenis/ha)			
	Semai	Pancang	Tiang	Pohon
Tahun 2005	10.000	2.800	1.670	540
Tahun 2010	10.800	2.980	2.780	465
Tahun 2015	10.250	2.760	2.540	545
Tbg Payang	63.50	2.240	2.110	515
Tbg Kania	7.600	2.140	2.690	635

Sumber: Hasil Penelitian, 2016

**Tabel 2.** Nilai Frekuensi Relatif setiap Jenis Pada Tingkat Pertumbuhan

Kondisi Tegakan	Frekuensi Relatif (%)			
	Semai	Panca ng	Tiang	Pohon
Tahun 2005	4,76	2,88	4,00	3,03
Tahun 2010	3,13	2,87	2,22	3,85
Tahun 2015	2,63	2,52	2,56	2,42
Tbg Payang	9,09	9,09	5,00	6,25
Tbg Kania	2,78	3,13	2,46	3,33

Sumber: Hasil Penelitian, 2016

**Tabel 3.** Nilai Dominansi setiap Jenis Pada Tingkat Pertumbuhan

Kondisi Tegakan	Dominansi (m <sup>2</sup> /ha)		
	Pancang	Tiang	Pohon
Tahun 2005	1,40	11,48	45,87
Tahun 2010	1,49	13,73	30,93
Tahun 2015	3,28	18,77	44,97
Tbg Payang	1,36	11,79	13,83
Tbg Kania	2,56	23,19	42,99

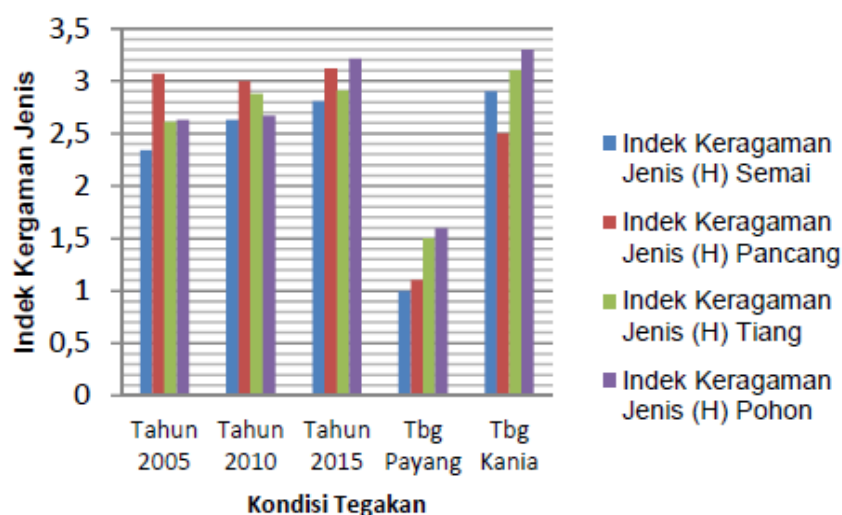
Sumber: Hasil Penelitian, 2016

Jumlah jenis pertumbuhan tingkat semai pada tahun 2005 terdiri dari 200 individu; pada tahun 2010 terdiri dari 216 individu; dan tahun 2015 terdiri dari 205 individu; desa tumbang Payang terdiri 127 individu; desa tumbang Kania terdiri dari 152 individu. Jumlah jenis pertumbuhan tingkat pancang, pada tahun 2005 terdiri dari 140 individu; pada tahun 2010 terdiri dari 150 individu; dan tahun 2015 terdiri dari 125 individu; desa tumbang Payang terdiri 112 individu; desa tumbang Kania terdiri dari 107 individu. Jumlah jenis pertumbuhan tingkat tiang pada tahun 2005 terdiri dari 167 individu; pada tahun 2010 terdiri dari 278 individu; dan tahun 2015 terdiri dari 254 individu; desa tumbang Payang terdiri 211 individu; desa tumbang Kania terdiri dari 209 individu. Jumlah jenis pertumbuhan tingkat pohon pada tahun 2005 terdiri dari 108 individu; pada tahun 2010 terdiri dari 93 individu; dan tahun 2015 terdiri dari 108 individu; desa Tumbang Payang terdiri 103 individu; desa Tumbang Kania terdiri dari 127 individu.

### **Karakter Ekologi**

Karakter ekologi yang meliputi kerapatan tegakan, indeks kesamaan komunitas, indeks keragaman jenis dan pemerataan jenis digunakan untuk membandingkan komunitas tegakan pada ketiga lokasi. Hal ini bertujuan untuk melihat atau membandingkan komunitas tegakan ketiga lokasi apakah terdapat perbedaan atau tidak. Kerapatan tegakan (jumlah pohon/ha) pada suatu komunitas merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi keanekaragaman jenis selain kuantitas jenis dan tingkat penyebaran masing-masing jenis. Berdasarkan hasil uji t menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kerapatan tegakan pada masing-masing lokasi, antara ketiga lokasi yang mempunyai kerapatan tegakan yang berbeda satu dengan lainnya. Kerapatan tegakan tahun 2005, 2010 dan 2015 berbeda nyata. Hal ini diduga disebabkan oleh perbedaan kondisi biogeografis, serta intensitas tebangan (Elias 1998). Jumlah pohon dan struktur tegakan dapat menggambarkan tingkat ketersediaan tegakan pada setiap tingkat pertumbuhan tegakan, sehingga keduanya diduga berpengaruh terhadap kemampuan regenerasi atau pertumbuhan tegakan termasuk kecepatan pemulihan tegakan setelah mengalami gangguan yaitu perlakuan penebangan (Muhdin 2008). Perbedaan kerapatan pada ketiga daerah tersebut bisa disebabkan oleh karakter tegakan masing-masing lokasi di mana karakter tersebut terkait dengan fisiologi tegakan dalam merespon perubahan lingkungan.

Indeks kesamaan komunitas menggambarkan tingkat kesamaan struktur dan komposisi jenis dari tegakan yang dibandingkan. Nilai indeks kesamaan berkisar 0-100%, di mana semakin tinggi nilai indeks kesamaan jenis menunjukkan semakin tinggi pula tingkat kemiripan jenis antara dua komunitas.



**Gambar 5.** Indeks Keanekaragaman (H') Pada Tingkat Pertumbuhan

Berdasarkan hasil analisis data menunjukkan bahwa keanekaragaman jenis bervariasi antar plot. Nilai rata-rata menunjukkan ( $H' > 2$ ) yaitu 2,55 artinya bahwa komunitas sangat stabil pada setiap kondisi tegakan (Kent & Paddy 1992). Nilai keanekaragaman jenis paling rendah kisaran antara 1-2 dikatakan komunitas masih stabil terdapat pada desa Tumbang Payang. Sedang paling tinggi ( $H' > 3$ ) terdapat pada blok tebaran tahun 2015.

Indeks keanekaragaman menunjukkan hubungan antara jumlah spesies dengan jumlah individu yang menyusun suatu komunitas (Heddy 1994). Untuk mengetahui tingkat kestabilan keanekaragaman jenis dapat digunakan nilai indeks keanekaragaman jenis ( $H'$ ). Indeks keanekaragaman jenis ( $H'$ ) menggambarkan tingkat kestabilan suatu komunitas tegakan. Semakin tinggi nilai  $H'$ , maka komunitas vegetasi hutan tersebut semakin tinggi tingkat kestabilannya. Suatu komunitas yang memiliki nilai  $H' < 1$  dikatakan komunitas kurang stabil, jika nilai  $H'$  antara 1-2 dikatakan komunitas stabil, dan jika nilai  $H' > 2$  dikatakan komunitas sangat stabil (Kent & Paddy 1992). Odum (1996) menyebutkan bahwa suatu komunitas memiliki nilai  $H' < 1$  dikatakan tingkat keanekaragaman rendah,  $1 \leq H' \leq 3$  tingkat keanekaragaman sedang dan  $H' > 3$  tingkat keanekaragaman tinggi.

**Tabel 4.** Indeks Kemerataan (E) Jenis Pada Tingkat Pertumbuhan

Kondisi Tegakan	Indek Kemerataan jenis (E)			
	Semai	Pancang	Tiang	Pohon
Tahun 2005	0.44	0.50	0.52	0.52
Tahun 2010	0.47	0.45	0.56	0.52
Tahun 2015	0.42	0.46	0.56	0.47
Tbg Payang	0,40	0,42	0,41	0,40
Tbg Kania	0.42	0.45	0.58	0.49

Sumber: Hasil Penelitian, 2016

Indeks pemerataan menggambarkan perataan penyebaran individu dari jenis organisme yang menyusun komunitas, dan menggambarkan kestabilan suatu komunitas. Untuk menilai kemantapan atau kestabilan jenis dalam suatu komunitas dapat digunakan nilai indeks pemerataan jenis (E). Semakin tinggi nilai E, maka keanekaragaman jenis dalam komunitas semakin stabil dan semakin rendah nilai E, maka kestabilan keanekaragaman jenis dalam komunitas tersebut semakin rendah (Soerianegara & Indrawan 2005; Odum 1996). Hasil perhitungan indeks keanekaragaman dan nilai pemerataan jenis pohon untuk masing-masing lokasi menunjukkan bahwa indeks keragaman ( $H'$ ) dan pemerataan jenis (E) pada kelima lokasi sangat stabil  $>2$ . Nilai  $H'$  menunjukkan bahwa keragaman jenis pada hutan bekas tebangan di tiga lokasi tersebut sudah stabil dan mengarah pada hutan primer. Hal ini mengindikasikan bahwa pengaruh kegiatan tebangan pada ketiga lokasi tersebut sudah tidak nampak lagi. Nilai  $H'$  dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh gangguan terhadap lingkungan atau untuk mengetahui tahapan suksesi dan kestabilan dari komunitas tumbuhan pada suatu lokasi. Kondisi ini menunjukkan bahwa populasi antara jenis pohon yang ada pada ketiga areal cukup merata sehingga tidak mudah mendapatkan gangguan serta mudah kembali ke keadaan semula.

Indeks pemerataan jenis tinggi berbanding lurus dengan indeks keanekaragaman jenis, di mana semakin tinggi nilai indeks pemerataan jenis maka nilai indeks keanekaragaman jenis juga akan semakin tinggi. Keanekaragaman jenis pohon yang tinggi pada lokasi tersebut menggambarkan ciri khusus hutan bekas tebangan di mana yang ditebang hanya jenis dan diameter tertentu sehingga keragaman masih tetap terjaga (Whitfeld dkk. 2014). Pertumbuhan tegakan untuk memperoleh ruang tumbuh vertikal juga menyebabkan lebih banyak jenis yang berkompetisi untuk memenuhi ruang vertikal tersebut, sehingga menyebabkan kerapatan individu menjadi tinggi (Laurans dkk. 2014). Dominansi suatu jenis menggambarkan tingkat dominasinya terhadap jenis-jenis lain dalam suatu komunitas dan dapat dilihat dari ukuran indeks nilai penting (INP). Jenis-jenis yang mempunyai INP tertinggi berpeluang lebih besar untuk dapat mempertahankan pertumbuhan dan kelestarian jenisnya.

### **Potensi Cadangan Biomassa Tegakan Tinggal dan Nekromassa**

Estimasi potensi cadangan biomassa dalam penelitian ini secara garis besar dikelompokkan menjadi 2 bagian, yaitu (1) potensi cadangan biomassa tegakan tinggal dan (2) potensi cadangan biomassa nekromassa. Komponen biomassa tegakan tinggal meliputi: biomassa tegakan tingkat pohon, tiang, pancang dan semai/tumbuhan bawah. Sedangkan komponen biomassa nekromassa terdiri biomassa kayu mati dan serasah. Hasil perhitungan potensi cadangan biomassa tegakan tinggal dan nekromassa di beberapa lokasi blok Rencana Kerja Tahunan (RKT) di areal IUPHHK-HA PT Sarpatim dan 2 (dua) desa disajikan pada Tabel 5.

Data pada Tabel 5 menunjukkan rata-rata potensi cadangan biomassa total (biomassa tegakan tinggal dan nekromassa) di beberapa lokasi blok RKT berkisar 282,74-334,35 ton/ha dan 2 (dua) desa berkisar 216,11 – 283,72 ton/ha. Lokasi blok RKT di areal IUPHHK-HA PT Sarpatim rata-rata memiliki potensi cadangan biomassa total lebih tinggi dibandingkan yang terdapat di 2 (dua) desa tersebut. Blok RKT tahun 2005, tahun 2010 dan tahun 2015 di IUPHHK-HA PT Sarpatim dalam konteks penelitian ini merupakan areal hutan alam yang sudah dilakukan kegiatan penebangan dengan sistem tebang pilih (sistem silvikultur TPTI) sehingga menyisakan tegakan tinggal. Tegakan tinggal adalah tegakan yang telah ditebang pilih yang menjadi modal perusahaan berikutnya, berisi pohon-pohon binaan dan pohon pendamping (Departemen

Kehutanan 1990). Kontribusi cadangan biomassa tegakan tinggal terhadap cadangan biomassa total di semua lokasi rata-rata lebih tinggi dibandingkan cadangan biomassa nekromassa. Rata-rata kontribusi cadangan biomassa tegakan tinggal di areal Blok RKT berkisar 3,06-226,56 ton/ha dan di dua desa berkisar 4,14-168,05 ton/ha.

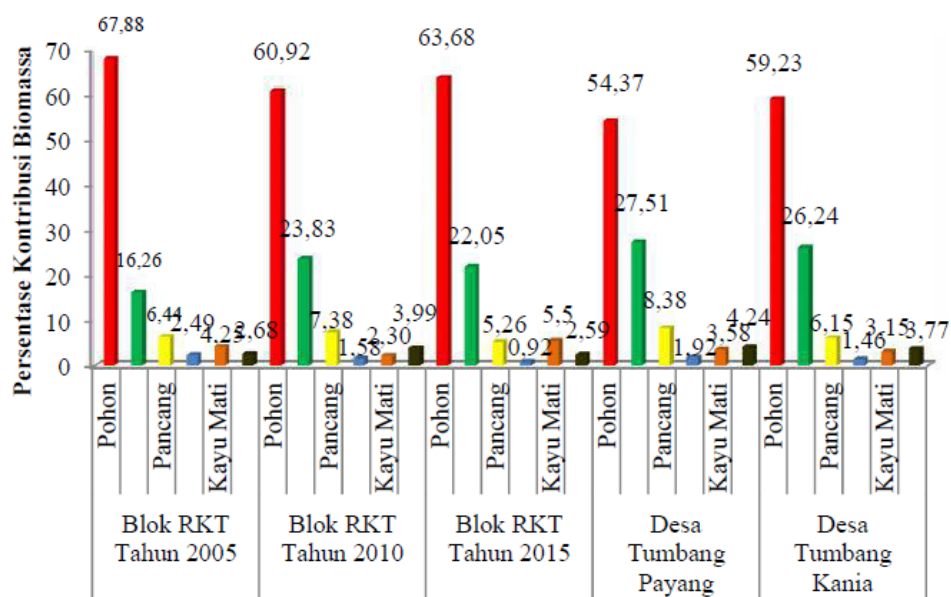
**Tabel 5.** Potensi Cadangan Biomassa Tegakan Tinggal dan Nekromassa di Beberapa Blok RKT dan Desa di IUPHHK-HA PT Sarpatim

Lokasi	Potensi Cadangan Biomassa (ton/ha) pada-						
	Tegakan Tinggal				Nekromassa		
	Pohon	Tiang	Pancang	Semai/ tumbuhan bawah	Kayu Mati	Serasah	Total
Blok Tahun 2005	226,56	54,27	21,5	8,31	14,21	8,94	333,79
Blok Tahun 2010	172,24	67,38	20,87	4,46	6,51	11,28	282,74
Blok Tahun 2015	212,93	73,72	17,59	3,06	18,39	8,66	334,35
Desa Tumbang Payang	117,5	59,45	18,11	4,16	7,73	9,16	216,11
Desa Tumbang Kania	168,05	74,45	17,46	4,14	8,93	10,69	283,72

Potensi cadangan biomassa di areal Blok RKT cenderung bervariasi, dimana di areal Blok RKT tahun 2015 memiliki potensi cadangan biomassa paling tinggi (334,35 ton/ha) dibandingkan di Blok RKT tahun 2005 (333,79 ton/ha) dan tahun 2010 (282,74 ton/ha). Menurut Junaedi (2007) mengatakan, biomassa tegakan hutan dipengaruhi oleh umur tegakan, sejarah perkembangan vegetasi, komposisi dan struktur tegakan. Tingginya potensi cadangan biomassa di areal Blok RKT tahun 2015 salah satunya dipengaruhi komposisi dan struktur tegakan tinggalnya. Sedangkan potensi cadangan biomassa total di dua Desa menunjukkan perbedaan yang signifikan, dimana potensi cadangan biomassa di Desa Tumbang Kania cenderung lebih tinggi (283,72 ton/ha) dibandingkan di Desa Tumbang Payang (216,11 ton/ha).

Berdasarkan komponen penyusun tegakan tinggal yang terlihat pada Tabel 5 di atas menunjukkan rata-rata cadangan biomassa tingkat pohon di semua lokasi penelitian memiliki kontribusi paling tinggi dibandingkan tingkat tiang, pancang dan semai/tumbuhan bawah. Persen kontribusi cadangan biomassa tingkat pohon terhadap biomassa total di semua lokasi penelitian berkisar 54,37- 67,88%, tingkat tiang 16,26-27,51%, tingkat pancang 52,26-8,38% dan tingkat semai/tumbuhan bawah 0,92-2,49%. Tingginya cadangan biomassa tegakan tinggal tingkat pohon dipengaruhi oleh kerapatan tegakan pohon dan ukuran luas bidang dasar (LBDS). Semakin rapat tegakan dan semakin besar LBDS menyebabkan semakin besar biomassa yang disimpan dalam batang dan sekitar  $\frac{3}{4}$  biomassa disimpan dalam batang pohon (Whitemore 1984). Kusmana (1992) mengatakan bahwa, variasi besarnya biomassa dipengaruhi oleh umur tegakan, sejarah perkembangan vegetasi, komposisi dan struktur tegakan, selain itu faktor iklim (curah hujan dan suhu). Biomassa akan meningkat sampai umur tertentu (umur dinyatakan oleh perwakilan kelas diameter) dan kemudian pertambahan biomassa akan semakin menurun sampai akhirnya berhenti berproduktifitas atau mati (Langi 2011).

Sedangkan komponen biomassa nekromassa dalam penelitian ini terdiri dari nekromassa kayu mati dan serasah. Kontribusi cadangan biomassa dari nekromassa kayu mati di semua lokasi penelitian berkisar 2,30-5,50%. Persen kontribusi paling tinggi dari nekromassa kayu mati terhadap biomassa total di semua lokasi penelitian terdapat di lokasi Blok RKT tahun 2015, yaitu sebesar 5,50 % dan terendah di Blok RKT tahun 2010 sebesar 2,30%. Hal tersebut disebabkan karena pada Blok RKT tahun 2015 merupakan areal yang baru saja dilakukan kegiatan pemanenan kayu ( $\pm 1$  tahun yang lalu). Kegiatan pemanenan kayu di hutan alam berdampak terhadap kerusakan bahkan mengalami kematian pada tegakan tinggal. Elias (1993) mengatakan bahwa, kerusakan tegakan tinggal akibat kegiatan pemanenan kayu di hutan alam dengan sistem silvikultur Tebang Pilih Tanam Indonesia (TPTI) untuk tingkat semai 30,02%, pancang 27,17% dan tingkat tiang 24,60% dan pohon 21,96%. Sedangkan persen kontribusi nekromassa serasah di semua lokasi penelitian terhadap biomassa total berkisar antara 2,59%-4,24%. Persen kontribusi cadangan biomassa nekromassa serasah paling tinggi terdapat di lokasi Desa Tumbang Payang dan paling rendah di Blok RKT tahun 2015. Untuk lebih jelas berikut grafik persentase kontribusi cadangan biomassa terhadap biomassa total pada komponen tegakan tinggal dan nekromassa di masing-masing lokasi penelitian, seperti pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Grafik Perentase Kontribusi Cadangan Biomassa Terhadap Biomassa Total pada Komponen Tegakan Tinggal dan Nekromassa di Masing-masing Lokasi Penelitian.

### Potensi Cadangan Karbon Tegakan Tinggal dan Nekromassa

Estimasi potensi cadangan karbon tegakan tinggal dan nekromassa dihitung menggunakan Standar Nasional Indonesia 7724 (2011), yaitu sekitar 47% dari biomassa total tegakan tinggal dan nekromassa tersusun atas karbon organik. Data hasil perhitungan potensi cadangan karbon tegakan tinggal dan nekromassa di semua lokasi penelitian, seperti pada Tabel 6. Data Tabel 6 menunjukkan potensi cadangan karbon total (tegakan tinggal dan nekromassa) di semua lokasi Blok RKT berkisar antara 132,88-157,15 ton C/ha dan di dua Desa berkisar antara 101,57-133,34 ton C/ha. Lokasi Blok RKT merupakan lokasi areal bekas tebangan yang di dalamnya

terdapat tegakan tinggal dan nekromassa. Lasco (2002), potensi cadangan karbon pada areal bekas tebangan di Indonesia berkisar 148,20-245 ton C/ha. Dengan kata lain bahwa potensi cadangan karbon di semua lokasi Blok RKT (areal bekas tebangan) lebih kecil jika dibandingkan dengan hasil penelitian Lasco (2002). Potensi cadangan karbon dipengaruhi oleh cadangan biomasnya, semakin besar cadangan biomassa di suatu areal maka cadangan karbon akan semakin besar. Menurut Hairiah et al. (2011), cadangan karbon di setiap lahan berbeda-beda, hal ini dipengaruhi tingkat keanekaragaman dan kerapatan tumbuhan serta cara pengelolaannya.

**Tabel 6.** Potensi Cadangan Karbon Tegakan Tinggal dan Nekromassa di Beberapa Lokasi Blok RKT dan Desa di IUPHHK-HA PT Sarpatim

Lokasi	Potensi Cadangan Karbon (ton C/ha) pada-						
	Tegakan Tinggal				Nekromassa		
	Pohon	Tiang	Pancang	Semai/Tumbuhan Bawah	Kayu Mati	Serasah	Total
Blok Tahun 2005	106,48	25,51	10,1	3,9	6,68	4,2	156,87
Blok Tahun 2010	80,95	31,67	9,81	2,09	3,06	5,3	132,88
Blok Tahun 2015	100,08	34,65	8,27	1,44	8,64	4,07	157,15
Desa Tbg. Payang	55,22	27,94	8,51	1,96	3,63	4,31	101,57
Desa Tbg Kania	78,98	34,99	8,21	1,94	4,2	5,02	133,34

Blok RKT tahun 2015 memiliki potensi cadangan karbon total paling tinggi (157,15 ton C/ha) dibandingkan di Blok RKT tahun 2010 (132,88 ton C/ha) dan Blok RKT tahun 2005 (156,87 ton C/ha). Kondisi tersebut menunjukkan fenomena yang unik, dimana seharusnya semakin lama umur areal bekas tebangan (Blok RKT tahun 2005), maka potensi biomassa dan karbonnya akan semakin tinggi. Dharmawan dan Ismayadi (2012), semakin lama umur hutan bekas tebangan akan memberikan kontribusi pada peningkatan biomassa dan kandungan karbon hutan. Namun demikian, pertumbuhan biomassa maupun kandungan karbon akan melambat dimulai pada umur hutan bekas tebangan setelah 80 tahun. Hal ini dapat terjadi karena umur pohon semakin tua akan menyebabkan semakin lambatnya proses fisiologis (Campbell et al. 2002). Sedangkan untuk potensi cadangan karbon di antara dua Desa menunjukkan bahwa Desa Tumbang Kania memiliki cadangan karbon total paling tinggi (133,34 ton C/ha) dibandingkan dengan di Desa Tumbang Payang. Tingginya potensi cadangan karbon total di Desa Tumbang Kania tersebut menunjukkan kondisi komposisi dan struktur tegakan tinggalnya lebih baik, hal tersebut terlihat bahwa tegakan tingkat pohon dan tiang memberikan kontribusi yang besar jika dibandingkan dengan tegakan yang berada di Desa Tumbang Payang.

Potensi cadangan karbon di semua lokasi penelitian berdasarkan komponen penyusun tegakan tinggal menunjukkan bahwa rata-rata potensi cadangan karbon tegakan tingkat pohon memberikan kontribusi yang sangat besar dibandingkan tegakan tingkat tiang, pancang dan semai. Hal tersebut dikarenakan adanya korelasi positif antara LBDS (ukuran diameter

pohon) dengan jumlah cadangan karbon, dimana semakin besar LBDS (ukuran diameter pohon) menyebabkan cadangan karbon akan semakin tinggi. Menurut Rusolono (2006), pendugaan cadangan karbon dengan pendekatan struktur tegakan horizontal (distribusi pohon berdasarkan kelas diameter) cukup terandalkan untuk menjelaskan persediaan karbon ( $R^2=80\%$ ) pada tegakan agroforestry murni. Sedangkan peran tegakan tingkat semai memiliki kontribusi yang relatif kecil terhadap potensi cadangan karbon total di semua lokasi penelitian. Kondisi yang sama juga terjadi pada nekromassa, dimana rata-rata potensi cadangan karbon di semua lokasi penelitian memberikan kontribusi yang relatif kecil. Van Noordwijk et al. (2002) mengemukakan bahwa kontribusi nekromassa (kayu kering), tumbuhan bawah dan serasah di hutan sekunder Lampung hanya memberikan kontribusi cadangan karbon sebesar 8%. Sedangkan menurut Rahayu et al. (2005) di Kalimantan Timur mengemukakan bahwa cadangan karbon tumbuhan bawah, nekromassa (kayu kering) dan serasah menyumbangkan sekitar 10% dari total karbon di hutan primer, areal bekas penebangan dan agroforestry umur 11 - 30 tahun.

### Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa keanekaragaman komposisi dan struktur secara ekologi berbeda yang ditunjukkan dengan nilai indeks kesamaan jenis yang sangat stabil. Selain itu, jenis-jenis penyusun tegakan pada tingkat semai, pancang, tiang dan pohon dari tiap-tiap lokasi hampir semua berbeda. Namun ada beberapa jenis yang sama ditemui mendominasi pada lokasi 2005 dan 2010 seperti *Shorea parvifolia*, *Shorea leprosula*, *Calophyllum inophyllum*, dan *Dipterocarpus sp.* Kerapatan tegakan di lokasi 2005 lebih rendah dibanding dengan kedua lokasi 2010 dan 2015, sementara 2010 adalah lokasi dengan kerapatan tegakan paling tinggi.

Potensi cadangan karbon di semua lokasi penelitian berdasarkan komponen penyusun tegakan tinggal menunjukkan bahwa rata-rata potensi cadangan karbon tegakan tingkat pohon memberikan kontribusi yang sangat besar dibandingkan tegakan tingkat tiang, pancang dan semai. Hal ini karena, adanya korelasi positif antara LBDS (ukuran diameter pohon) dengan jumlah cadangan karbon, dimana semakin besar LBDS (ukuran diameter pohon) menyebabkan cadangan karbon akan semakin tinggi.

### Daftar Pustaka

- Baltzer JL, Thomas SC, 2010. A Second Dimension to The Leaf Economics Spectrum Predicts Edaphic Habitat Association in A Tropical Forest. *PloS one*, 5(10):e13163.
- Chave J, Andalo C, Brown S, Cairns MA, Chambers JQ, Eamus D, Folster H, Fromard F, Higuchi N, Kira T, Lescure JP, Nelson BW, Ogawa H, Puig H, Riera B, Yamakura. 2005. Tree Allometry and Improved Estimation of Carbon Stocks and Balance in Tropical Forest. *Oecologia* 145: 87-99. DOI 10.1007/s0042-005- 0100-x.
- Cordell S, Hubbell SP, Sack L. 2014. Trade-offs in Seedling Growth and Survival Within and Across Tropical Forest Microhabitats. *Ecology and Evolution*, 4(19):3755-3767.
- Cottam G, Curtis JT. 1956, The Use of Distance Measures in Phytosociological Sampling, *Ecology*, 451-460.

- Departemen Kehutanan. 2004. Atlas Kayu Jilid I, II, III. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan-Bogor.
- Dinas Kehutanan. 2012. Luas Kawasan Hutan Provinsi Kalimantan Tengah.
- Elias. 1993. Kerusakan Tegakan Tinggal pada Hutan Tropika Basah Akibat Pemanenan Kayu dengan Sistem TPTI. *Rimba Indonesia* 29 (3-4): 32-38
- \_\_\_\_\_. 1998. *Reduced Impact Logging in The Tropical Natural Forest in Indonesia*. Forest Harvesting Case Study. Rome: Food Agriculture Organization of the United Nation.
- Gaspersz V. 1991. Metode Rancangan Percobaan. CV Armico. Bandung.
- Hairiah K, Ekadinata A, Sari RR, Rahayu S. 2011. Petunjuk Praktis Pengukuran Cadangan Karbon dari Tingkat Lahan ke Bentang Lahan Edisi Ke-2. World Agroforestry Centre.
- Heddy S. 1994. Prinsip-Prinsip Dasar Ekologi. PT Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- IPCC. 2006. Guideline for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by The National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston H. S., Buendia, L., Miwa K., Ngara, T., and Tanabe K., (eds.). Published by IGES Japan.
- Junaedi A. 2007. Kontribusi Hutan Sebagai Rosot Karbondioksida. Balai Penelitian Hutan Penghasil Serat Kuok. *Jurnal Info Hutan* Vol.V(1): 1-7.
- Kenfack D, Chuyong GB, Condit R, Russo SE, Thomas DW. 2014. Demographic Variation and Habitat Specialization of Tree Species in A Diverse Tropical Forest of Cameroon. *Forest Ecosystems*, 1(1):1-13.
- Kent M, Paddy C. 1992. *Vegetation Description and Analysis A Practical Approach*. Belhaven Press, London.
- Kusmana C, Sabiham S, Abe K, Watanabe H. 1992. An Estimation of Above Ground Tree Biomass of a Mangrove Forest in East Sumatera, Indonesia. *Tropic* 1 (4): 243-257.
- Lamprecht H. 1989. *Silviculture in The Tropics. Tropical Forest Ecosystem end Their Tree Species in Possibilities and Method for Their Longterm Utilization*. GTZ. Germany.
- Langi YAR. 2011. Model Penduga Biomassa dan Karbon pada Tegakan Hutan Rakyat Cempaka (*Elmerrilli ovalis*) dan Wasian (*Elmerrillia celebica*) di Kabupaten Minahasa Sulawesi Utara. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Lasco RD. 2002. Forest carbon budget in Southeast Asia following harvesting and land cover change. *Science in China (series C)* 45 :55-64.
- Laurans M, Hérault B, Vieilledent G, Vincent G. 2014. Vertical Stratification Reduces Competition for Light in Dense Tropical Forests. *Forest Ecology and Management*, 329:79-88.
- Muhdin E, Suhendang D, Wahjono H, Purnomo, Istomo, Simangunsong BCH. 2008. Keragaman Struktur Tegakan Hutan Alam Sekunder. *J. Man. Hut. Trop.*, 16(2):81-87.
- Murdiyarso D, Hairiah K, Van Noordjwik M. 1994. Modelling and Measuring Soil Organics Matter Dynamics and Greenhouse Gas Emission After Forest Conversion. *Report of A Workshop Training Course*, Bogor: 8-15 August 1994.

- Murdiyarto D, Rosalina U, Hairiah K, Muslihat L, Suryadipura INNN, Jaya A. 2004. Petunjuk Lapangan; Pendugaan Cadangan Karbon pada Lahan Gambut. Bogor. Wetlands International. Hal. 54-67.
- Odum EP. 1996. Dasar-dasar Ekologi (T. Samingan, Terjemahan). Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Rahayu S, Lusiana B, van Noordwijk M. 2007. Pendugaan Cadangan Karbon di Atas Permukaan Tanah pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Kabupaten Nunukan, Kalimantan Timur. Bogor; World Agroforestry Centre. Hal 21-28.
- Rusolono T. 2006. Model pendugaan persediaan karbon tegakan agroforestry untuk pengelolaan hutan milik melalui skema perdagangan karbon [disertasi]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Soerianegara I, Indrawan A. 2005. Ekologi Hutan Indonesia. Laboratorium Ekologi Hutan. Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Spellerberg IF, Fedor PJ. 2003. Atribute to Claude Shannon (1916–2001) And A Plea for More Rigorous Use of Species Richness, Species Diversity and The ‘Shannon–Wiener’ Index, *Global Ecology and Biogeography*, 12(3):177-179.
- Standar Nasional Indonesia: 7724. 2011. Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon- Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (*Ground Base Forest Carbon Accounting*). Badan Standardisasi Nasional Indonesia. Jakarta.
- Sugiyono. 2014. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan Kombinasi. Alfabeta. Bandung. Hal. 629.
- Wijana N. 2014. Metode Analisis Vegetasi. Penerbit Plantaxia, Yogyakarta. Hal. 360.
- Whitemore TC. 1984. Vegetation Map of Malesia, at scale 1:5 million. Oxford, UK: Clarendon Press.
- Whitfeld TJ, Lasky JR, Damas K, Sosanika G, Molem K, Montgomery RA. 2014. Species Richness, Forest Structure, and Functional Diversity during Succession in the New Guinea Lowlands. *Biotropica*, 46(5):538-548.

# Dimensi Serat dan Nilai Turunannya Pada Kayu Jabon Jawa dan Jabon Sumatera

Kanti Dewi Rizqiani<sup>1</sup> & Yeni Aprianis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Serat Tanaman Hutan (BP2TSTH,)

<sup>2</sup>Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Bangkinang

Email: [kanti.drizqiani@gmail.com](mailto:kanti.drizqiani@gmail.com)

## ABSTRAK

Berkaitan dengan kemampuan produksi hutan alam yang semakin terbatas, perlu dilakukan upaya pengembangan hutan tanaman dan pengoptimalan hutan rakyat, maupun pembudidayaan tanaman berotasi pendek. Potensi yang dimiliki Jabon sebagai kayu penghasil serat perlu didukung oleh data dimensi serat dan nilai turunan dimensi seratnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dimensi serat dan nilai turunannya pada kayu Jabon yang berasal dari Jawa dan Sumatera. Sediaan maserasi dibuat dengan menggunakan 2 metode, yakni metode *schultze* modifikasi untuk jabon Jawa dan metode FPL (*Forest Product Laboratory*) untuk jabon Sumatera yang kemudian dianalisis secara tabulasi dan deskriptif dengan menggunakan kriteria penilaian karakteristik kayu untuk pulp. Berdasarkan nilai dimensi serat, Jabon Sumatera memiliki panjang serat, diameter serat, dan tebal serat yang lebih besar dibandingkan dengan Jabon Jawa yakni sebesar 1553,61; 36,14; dan 9,45  $\mu\text{m}$ . Baik Jabon Jawa maupun Jabon Sumatera, keduanya memiliki kualitas serat dengan mutu kelas III.

**Kata kunci:** dimensi serat, jabon Jawa, jabon Sumatera, kualitas serat

## Pendahuluan

Industri pengolahan kayu berkembang sejak dikeluarkannya larangan ekspor kayu bulat sehingga mendorong berkembangnya industri pengolahan kayu (Anonim 2002). Seiring dengan perkembangan industri kayu tersebut, berkembang juga isu lingkungan yang sangat mempengaruhi industri ini di masa mendatang, terutama dikaitkan dengan bahan baku kayu yang tidak seimbang dengan kebutuhan industri. Berkaitan dengan kemampuan produksi hutan alam yang semakin terbatas, perlu dilakukan upaya pengembangan hutan tanaman dan pengoptimalan hutan rakyat, pencarian kayu-kayu pengganti seperti pemanfaatan spesies yang jarang digunakan, maupun pembudidayaan tanaman berotasi pendek.

Pada saat ini lebih dari 90% bahan baku pulp dan kertas berasal dari kayu, karena kayu mempunyai sifat unggul, yaitu: rendemen yang dihasilkan tinggi, kandungan lignin relatif rendah dan kekuatan pulp dan kertas yang dihasilkan tinggi. Potensi suatu jenis sebagai penghasil kayu serat untuk pulp ditetapkan berdasarkan kriteria *wood properties*, sifat pertumbuhan dan teknis. Parameter *wood properties* didasarkan kepada variabel dimensi serat, turunan dimensi serat, Kerapatan dan kandungan komponen kimia kayu (Pasaribu & Tampubolon 2007).

Jabon merupakan salah satu dari kayu *lesser wood species* yang mempunyai daur hidup pendek. Jabon memiliki kerapatan rata-rata 0,42 (0,29-0,56) dan kelas awet V serta kelas kuat III-IV. Biasanya digunakan sebagai bahan bangunan sementara, daun jendela, langit-langit, kotak, peti teh, pembungkus, kelom, barang kerajinan (termasuk mainan anak), korek api, sumpit makan, dan bahan baku pulp (Mandang & Pandit 1997).

Potensi yang dimiliki Jabon perlu didukung oleh dimensi serat dan nilai turunan dimensi seratnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dimensi serat dan nilai turunannya pada kayu Jabon yang berasal dari Jawa dan Sumatera.

## Metodologi Penelitian

### Tempat dan waktu penelitian

Proses pengamatan serat Jabon Jawa dilakukan di Bogor dan Kuok. Pengamatan Jabon Jawa dilakukan pada bulan Mei hingga bulan September 2012. Sedangkan proses pengamatan serat Jabon Sumatera dilakukan pada bulan Desember 2015.

### Alat dan bahan

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah kayu Jabon Jawa yang ditanam di hutan rakyat di daerah Jampang, Sukabumi dan kayu Jabon Sumatera yang ditanam pada lahan monokultur yang berumur lima tahun. Selain itu, bahan-bahan lain yang digunakan dalam pengamatan dimensi serat yaitu alkohol 10%, alkohol 30%, alkohol 50%, alkohol 70%, hydrogen peroksida 35%, asam asetat glasial 60%, potasium klorat ( $KClO_3$ ), asam nitrat ( $HNO_3$ ) 50%, aquades, safranin 2%, kertas saring, *aluminium foil*, dan kertas lakmus. Sedangkan peralatan yang digunakan adalah mikroskop, kaca preparat, *cover glass*, pipet, dan botol plastik tempat sampel.

### Prosedur kerja

Sampel kayu berbentuk disk diambil pada bagian tengah antara empelur dan kulit kayu. Nilai kerapatan kayu didapatkan dengan menggunakan metode *volume by water immersion* dengan ukuran sampel 2 cm x 2 cm. Sediaan maserasi dibuat dengan menggunakan dua metode yakni metode FPL (*Forest Product Laboratory*) (Rulliaty 1994) untuk kayu Jabon Sumatera dan metode Schultze (Husein 2004) yang dimodifikasi untuk kayu Jabon Jawa. Serpihan-serpihan contoh kayu sebesar batang korek api dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi larutan hydrogen peroksida 35% dan asam asetat glasial 60% dengan perbandingan 1:1 (untuk metode FPL), sedangkan untuk metode Schultze modifikasi, serpihan dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisis  $HNO_3$  50% dan diberi sedikit potasium klorat. Kemudian dipanaskan di dalam dengan temperatur 60°C. Serat yang sudah terpisah dicuci bersih dengan air kran beberapa kali hingga bebas asam (indikator bebas asam menggunakan kertas lakmus), lalu diwarnai dengan safranin. Kemudian serat yang telah diwarnai dengan safranin dicuci berturut-turut dengan alkohol bertingkat mulai dari alkohol 10%, 30%, dan 50%.

Serat yang sudah dicuci dengan alkohol bertingkat dimuat dalam kaca preparat dan siap diukur. Parameter pengamatan untuk dimensi serat adalah panjang serat, diameter serat, diameter lumen, dan tebal dinding sel yang nilainya digunakan untuk menentukan nilai turunan dimensi serat yaitu bilangan *Runkell*, daya tenun, perbandingan fleksibilitas, koefisien kekakuan, dan perbandingan *Muhlsteph* dimana masing-masing nilai turunan dimensi serat tersebut dihitung dengan rumus tertentu (Silitonga et al. 1972).

## Analisis data

Data dimensi serat dan nilai turunan dimensi serat yang diperoleh dianalisis secara tabulasi dan deskriptif dengan menggunakan kriteria penilaian karakteristik kayu untuk pulp (LPHH 1976).

Tanaman penghasil serat harus memiliki semua persyaratan yang sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan. Dimensi serat seperti panjang, diameter, tebal dinding, dan lumen serat berpengaruh terhadap kekuatan pulp. Anonim (1980) dalam Syafii dan Siregar (2006) membagi tiga kualitas kayu sebagai bahan baku pulp yang didasarkan kepada kerapatan, komponen kimia kayu dan dimensi serat dan turunan dimensi serat tersebut.

Kayu Jabon yang memiliki nama botanis *Anthocephalus cadamba* Miq. berasal dari famili *Rubiaceae* dan tersebar merata di seluruh Sumatera, Jawa Barat, Jawa Timur, Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur, seluruh Sulawesi, Nusa Tenggara Barat, dan Papua dengan tinggi pohon dapat mencapai 45 meter dengan tinggi bebaas cabang mencapai 30 meter, dan diameter mencapai 160 cm. Batang jabon lurus dan silindris, bertajuk lebar dengan cabang mendatar, berbanir sampai ketinggian 1,5 meter, kulit luar berwarna kelabu coklat sampai coklat (Martawijaya et al. 1989).

## Hasil dan Pembahasan

**Tabel 1.** Karakteristik pohon jabon Jawa dan Sumatera

Jenis	Asal	Karakteristik			
		Umur	Tahun Tanam	Diameter (DBH)	Kerapatan (g/cm <sup>3</sup> )
Jabon	Jawa	5	2007-2012	34,00 cm	0,41
	Sumatera	5	2010-2015	26,41 cm	0,44

Kerapatan kayu merupakan perbandingan antara massa atau berat kayu dengan volumenya yang dinyatakan dalam kg/m<sup>3</sup> atau g/cm<sup>3</sup>. Selanjutnya kerapatan kayu didefinisikan sebagai jumlah bahan penyusun dinding sel kayu maupun zat-zat lain, dimana bahan tersebut memberikan sifat kekuatan pada kayu (Bowyer et al. 2003). Nilai kerapatan antara Jabon Jawa dan Jabon Sumatera tidak terlalu berbeda. Jabon Jawa memiliki nilai kerapatan sebesar 0,41 g/cm<sup>3</sup> sedangkan Jabon Sumatera memiliki nilai kerapatan sebesar 0,44 g/cm<sup>3</sup>. Variasi nilai kerapatan suatu kayu tergantung dari umur, posisi dalam suatu pohon, kondisi tempat tumbuh, dan susunan genetik dalam pohon tersebut (Bowyer et al. 2007).

**Tabel 2.** Dimensi serat jabon Jawa dan Sumatera

Jenis (Species)	Asal	Panjang serat ( <i>Fiber length</i> )	Diameter serat ( <i>Fiber diameter</i> )	Diameter lumen ( <i>Lumen diameter</i> )	Tebal dinding serat ( <i>Fiber wall thickness</i> )
		L (μ)	D (μ)	l (μ)	w (μ)
Jabon	Jawa	1187,99	35,16	19,43	7,87
	Sumatera	1553,61	36,14	17,24	9,45

Dimensi serat merupakan salah satu sifat penting yang dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam memilih bahan baku pulp dan kertas. Pengukuran dimensi serat menggunakan mikroskop digital dengan perbesaran 100x untuk panjang serat dan 400x untuk diameter serat dan diameter lumen. Panjang serat dan diameter serat Jabon Jawa dan Sumatera disajikan pada Tabel 2. Pada Tabel 2 terlihat bahwa Jabon asal Sumatera memiliki nilai panjang serat, diameter serat, dan tebal dinding serat yang lebih besar jika dibandingkan dengan Jabon asal Jawa dengan nilai berturut-turut 1553,61; 36,14; dan 9,45 mikron. Sedangkan nilai diameter lumen Jabon Sumatera memiliki nilai yang kecil dibandingkan jabon Jawa yakni 17,24 mikron.

Perbedaan nilai ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor terkait kondisi tempat tumbuh dimana pohon berada seperti tingkat kesuburan tanah, persaingan, dan iklim. Pohon yang tumbuh di tanah-tanah yang subur, dengan tingkat persaingan yang rendah dan iklim yang cocok akan menghasilkan kayu dengan porsi lumen atau rongga sel yang lebih banyak (Haygreen & Bowyer 1996).

**Tabel 3.** Turunan dimensi serat jabon Jawa dan Sumatera

No	Dimensi dan Turunan Serat	Klasifikasi Kualitas Pulp LPHH			Rata-Rata		Nilai		Kelas	
		I	II	III	JJ	JS	JJ	JS	JJ	JS
		(100)	(50)	(25)						
1	Panjang Serat ( $\mu\text{m}$ )	>2000	1000-2000	<1000	1187,99	1553,61	50	50		
2	Diameter Serat ( $\mu\text{m}$ )	-	-	-	35,16	36,14	-	-	-	-
3	Diameter Lumen ( $\mu\text{m}$ )	-	-	-	19,43	17,24	-	-	-	-
4	Tebal Dinding ( $\mu\text{m}$ )	-	-	-	7,87	9,45	-	-	-	-
5	<i>Runkle Ratio</i>	<0,25	0,25-0,5	>0,5-1	0,81	1,10	50	25	II	II
6	<i>Felting Power</i>	>90	50-90	<50	33,79	42,98	25	50	III	II
7	<i>Muhlsteph Ratio</i>	<30	30-60	>60	69,45	77,24	50	50	II	II
8	<i>Fleksibility Ratio</i>	>0,8	0,5-0,8	<0,5	0,55	0,48	50	50	II	II
9	<i>Coefficient of Rigidity</i>	<0,1	0,1-0,15	>0,15	0,22	0,26	25	25	III	III
	Interval	460-600	225-449	<225			250	250	III	III

Bilangan *Runkell* adalah perbandingan 2 kali tebal dinding sel dengan diameter lumen. Berarti bilangan *Runkell* berbanding lurus dengan tebal dinding sel dan berbanding terbalik dengan diameter lumen. Bilangan *Runkel* yang terkecil dimiliki oleh Jabon Jawa dengan nilai 0,81. Baik Jabon Jawa maupun Jabon Sumatera, keduanya memiliki kelas mutu III.

*Felting power* yang tertinggi dimiliki Jabon Sumatera, menandakan serat Jabon Sumatera tersusun lebih rapat dibandingkan dengan serat dari Jabon Jawa, sehingga akan menghasilkan kertas yang memiliki kekuatan sobek yang relatif lebih tinggi. Semakin tinggi nilai *felting power*, maka semakin besar sifat lentur serat sehingga pembentukan ikatan antar serat menjadi lebih baik (Tamolang & Wangaard 1961 dalam Fatriasari 2008). Dilihat dari nilai *felting power*, keduanya termasuk ke dalam kelas III.

Bila ditinjau dari nilai *muhlsteph ratio* (MH), Jabon Jawa memiliki nilai yang terbaik (terkecil). MH merupakan perbandingan antara luas penampang tebal dinding serat dengan luas penampang lintang serat. Semakin kecil MH, semakin besar diameter lumen, sehingga sel

semakin mudah menggepeng dan daya lipat yang tinggi, menyebabkan lembaran pulp bermutu baik (tidak kaku) dengan kerapatan dan kekuatan tinggi. Semua jenis serat Jabon yang diuji termasuk kelas III (MH>60-80%).

Nilai *coefficient of rigidity* (KK) terbaik (terkecil) dimiliki oleh Jabon Jawa yang menandakan Jabon Jawa memiliki dinding serat yang paling tipis dengan diameter serat terlebar. Pada pembentukan lembaran kertas serat dengan nilai koefisien kekakuan yang rendah cenderung lebih fleksibel sehingga kualitas jalinan ikatan antar seratnya bagus. Nilai koefisien kekakuan semua kayu Jabon termasuk ke dalam kelas III. *Flexibility ratio* paling besar (terbaik) dimiliki oleh Jabon Jawa. Hal ini dapat diartikan bahwa Jabon Jawa memiliki diameter lumen terbesar dan diameter serat terkecil.

### Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah berdasarkan analisis terhadap morfologi serat dan kerapatannya, jenis Jabon baik yang berasal dari Jawa maupun Sumatera tidak memiliki perbedaan yang terlalu mencolok dan dapat digunakan sebagai bahan baku pulp dan kertas walaupun dengan nilai mutu kelas III.

### Daftar Pustaka

- Anonim. 2002. Kebijakan Pengembangan Industri Hasil Hutan dan Selulosa Memasuki Era Globalisasi. Direktorat Jenderal Industri Kimia, Agro dan Hasil Hutan. Jakarta.
- Bowyer JL, Shmulsky R, Haygreen JG. 2007. Forest Product and Wood Science: An Introduction. Iowa State Press. Ames, Iowa.
- Fatriasari W, Hermiati E. 2008. Analisis Morfologi Serat dan Sifat Fisis-Kimia pada Enam Jenis Bambu Sebagai Bahan Baku Pulp dan Kertas. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan* 1(2):67-72
- Haygreen JG, Bowyer JL. 1996. Hasil Hutan dan Ilmu Kayu. Gajah Mada University Press.
- LPHH. 1976. Dimensi Serat Jenis Kayu di Indonesia. Laporan LPHH 75
- Husein N. 2004. Anatomi Kayu Palele (*Castanopsis javanica*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 2(2)
- Mandang YI, Pandit IKN. 1997. *Pedoman Identifikasi Jenis Kayu di Lapangan*. Bogor: Yayasan PROSEA Bogor dan Pusat Diklat Pegawai dan SDM Kehutanan.
- Martawijaya A, Kadir K, Kartasujana I, Mandang YI, Prawira SA. 1989. *Atlas Kayu Indonesia Jilid 2*. Bogor: Balai Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Departemen Kehutanan.
- Pasaribu RA, Tampubolon AP. 2007. Status Teknologi Pemanfaatan Serat Kayu Untuk Bahan Baku Pulp. Workshop Sosialisasi Program dan Kegiatan BPHPS Guna Mendukung Kebutuhan Riset Hutan Tanaman Kayu Pulp dan Jejaring Kerja. Tidak dipublikasikan.

- Rulliaty S. 1994. Wood quality indicators as estimator of juvenile wood in mahogany (*Swietenia macrophylla* King.) from forest plantation in Sukabumi, West Java, Indonesia. Unpublished Master's Thesis, University of The Philippines at Los Baños, College, Laguna. The Philippines.
- Silitonga T, Siagian R, Nurrachman A. 1972. Cara Pengukuran Serat Kayu Di Lembaga Penelitian Hasil Hutan (LPHH). Publikasi Khusus No.12. Agustus. LPHH. Bogor.
- Syafii W, Siregar Z. 2006. Sifat kimia dan dimensi serat kayu mangium dari tiga provenans. Jurnal Tropical Wood and Technology 4 (1): 28-32

# Sifat Papan Partikel Bambu dengan Perekat Asam Sitrat-Sukrosa

Ragil Widyorini, Alexius Narendro Wicaksono, & Tibertius Agus Prayitno

Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Email: rwidyorini@ugm.ac.id

## ABSTRAK

Asam sitrat saat ini dikenal sebagai salah satu alternatif bahan pengikat alami yang memiliki tiga gugus karboksil dan dapat membentuk ikatan ester dengan gugus hidroksil pada permukaan kayu. Penggabungan asam sitrat dengan bahan lain, seperti sukrosa, diduga dapat meningkatkan ikatan ester yang terjadi. Oleh karena itu, penelitian ini ditujukan untuk mengembangkan produk papan partikel dari bambu dengan penambahan asam sitrat dan sukrosa. Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah partikel bambu petung dan bambu wulung. Bahan perekat menggunakan asam sitrat dan sukrosa dengan variasi komposisi asam sitrat:sukrosa adalah 0:100, 25:75, 50:50, 75:25, dan 100:0. Jumlah perekat yang digunakan adalah 30% (berdasarkan berat partikel). Papan partikel dibuat dengan ukuran 25 x 25 cm, target ketebalan 0,7 cm, dan target kerapatan 0,9 g/cm<sup>3</sup>. Suhu pengempaan diset pada 180<sup>o</sup>C selama 10 menit. Masing-masing perlakuan diulang 3 kali. Pengujian produk meliputi sifat fisika dan mekanika dilakukan berdasarkan Japanese Industrial Standard untuk papan partikel (JIS A 5908). Untuk mengetahui perubahan gugus kimia yang terjadi selama proses pengempaan, analisis komposisi kimia dan Fourier Transform Infrared dilakukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa asam sitrat maupun sukrosa saja dapat berfungsi sebagai perekat papan partikel dari bambu petung dengan memenuhi standar JIS A 5908 tipe 18. Kualitas papan partikel yang optimal dapat diperoleh dengan komposisi asam sitrat:sukrosa sebesar 75:25, dengan nilai pengembangan tebal 2,7%, penyerapan air 10%, kekuatan rekat internal 3 MPa, modulus patah 24 MPa, dan modulus elastisitas 6 GPa.

**Kata kunci** : asam sitrat, bambu petung, komposisi perekat, sukrosa

## Pendahuluan

Penelitian menggunakan bahan perekat atau bahan pengikat alami mulai banyak dikembangkan seiring dengan meningkatnya kesadaran terhadap lingkungan. Salah satu bahan pengikat alami yang berfungsi sebagai perekat pada komposit yang potensial untuk dikembangkan adalah asam sitrat (Umemura et al. 2011, Umemura et al. 2012, Widyorini et al. 2015). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan asam sitrat terbukti dapat meningkatkan kekuatan maupun stabilitas dimensi produk cetakan (*moulding*) dari kulit dan kayu akasia (Umemura et al. 2011), papan partikel pelepah nipah (Widyorini et al. 2012a), papan partikel pelepah kelapa sawit (Widyorini et al. 2012b), dan papan partikel bambu petung (Widyorini et al. 2013; 2015). Asam sitrat ini mengandung tiga grup gugus karboksil yang dapat berikatan dengan gugus hidroksil pada bahan lignoselulosa. Hal tersebut diduga disebabkan oleh adanya ikatan ester yang terbentuk antara grup karboksil dari asam sitrat dengan grup hidroksil dari bahan lignoselulosa berdasarkan hasil analisis menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectra* (FTIR) (Umemura et al. 2011, Widyorini et al. 2015). Terbentuknya ikatan ester tersebut mempengaruhi sifat produk komposit yang dihasilkan menjadi lebih hidrofobik atau lebih tahan terhadap air.

Untuk menambahkan gugus OH yang tersedia pada bahan lignoselulosa, Umemura et al. (2013) menambahkan sukrosa pada perekat asam sitrat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan sukrosa pada komposisi sampai sebesar 25% dapat meningkatkan kekuatan papan partikel dari kayu. Penambahan gugus OH yang berasal dari sukrosa diduga dapat meningkatkan ikatan ester yang terbentuk dengan gugus karboksil dari asam sitrat, sehingga menghasikan produk papan partikel dari campuran kayu *softwood* (Umemura et al. 2013) dan kayu sengon (Widyorini et al. 2014) yang lebih kuat dengan tingkat yang berbeda. Hal tersebut menunjukkan bahwa karakteristik kimia bahan baku turut mempengaruhi mekanisme perekatan menggunakan asam sitrat dan sukrosa. Bambu mengandung lebih dari 60% selulosa (Kamthai & Puthson 2005) yang lebih tinggi dibandingkan kedua bahan baku penelitian Umemura et al. (2013) dan Widyorini et al. (2014), sehingga diduga pengaruh ikatan dengan asam sitrat dan sukrosa lebih baik.

Selain dapat digunakan sebagai bahan tambahan pada asam sitrat, sukrosa juga dapat berfungsi sebagai bahan pengikat atau perekat secara mandiri. Hal ini dibuktikan pada papan partikel yang dibuat dari pelepah kelapa sawit (Lamaming et al. 2013). Hal tersebut mengindikasikan bahwa gugus OH pada sukrosa dapat membentuk ikatan hidrogen yang cukup kuat dengan lignoselulosa. Pencampuran asam sitrat dan sukrosa juga telah berhasil diaplikasikan oleh Umemura et al. (2013) pada papan partikel dari campuran kayu daun jarum. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa rasio asam sitrat/sukrosa sebanyak 25/75 memberikan sifat papan partikel yang terbaik. Penambahan sukrosa pada penelitian tersebut, ditujukan untuk menambah jumlah gugus hidroksil yang dapat berikatan dengan gugus karboksil dari asam sitrat untuk membentuk ikatan ester (Umemura et al. 2013). Pencampuran sukrosa dengan tanin dilakukan oleh Zhao dan Umemura (2014) dan menghasilkan hasil yang optimal pada rasio tanin/sukrosa sebesar 25/75. Hasil analisis menggunakan *fourier transform infrared spectroscopy* (FTIR) menduga adanya reaksi antara tanin dengan 5-hidroksi metil furfural (turunan dari sukrosa selama proses pemanasan) melalui ikatan dimetil eter.

Penelitian menggunakan asam sitrat maupun sukrosa ini masih relatif baru dan belum banyak dilakukan. Sifat bahan baku partikel, asam sitrat dan sukrosa yang berbeda diduga saling berinteraksi menghasilkan kualitas papan partikel yang variasi. Pada penelitian Widyorini et al. (2015), papan partikel dari jati dapat dibuat dengan menggunakan perekat asam sitrat dan dapat memenuhi standar JIS A 5908 (2003) untuk papan partikel. Penambahan asam sitrat dan sukrosa diharapkan dapat meningkatkan kualitas papan partikel dari bambu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh komposisi perekat (asam sitrat/sukrosa) terhadap sifat fisika dan mekanika papan partikel dari bambu.

## **Bahan dan Metode**

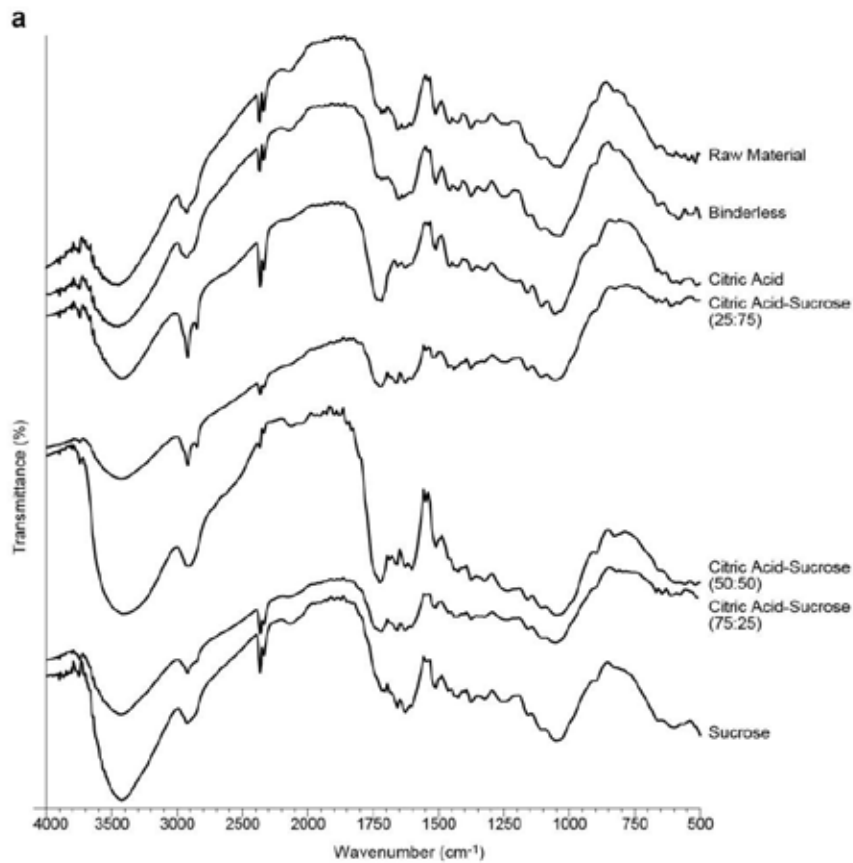
Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah partikel bambu petung dengan ukuran lolos 10 mesh. Partikel bambu sebelum dicampur perekat dikeringudarkan terlebih dahulu. Bahan perekat yang digunakan adalah asam sitrat dan sukrosa. Jumlah perekat yang digunakan sebanyak 15% berdasarkan berat partikel kering udara. Komposisi asam sitrat dan sukrosa divariasikan dengan rasio 0/100, 25/75, 50/50, 75/25 dan 100/0, dengan konsentrasi larutan 59 ~ 60%. Setelah dicampur dengan perekat, partikel kemudian dioven pada suhu 80°C sampai diperoleh kadar air sekitar 4 ~ 7%. Selanjutnya campuran tersebut

dibuat mat dengan ukuran 25 x 25 cm, target ketebalan 0,7 cm, dan target kerapatan 0,9 g/cm<sup>3</sup>. Proses pengempaan papan partikel dilakukan pada suhu 200°C selama 10 menit. Setelah proses pengempaan, papan partikel dikondisikan selama kurang lebih 7 ~ 10 hari. Semua kondisi percobaan dilakukan dengan ulangan sebanyak 3 kali.

Pengujian kualitas papan partikel meliputi sifat fisika dan mekanika papan partikel berdasarkan standar JIS A 5908 (2003), yaitu kadar air, kerapatan, pengembangan tebal dan penyerapan air, modulus patah, modulus elastisitas, dan keteguhan rekat internal. Nilai pengembangan tebal dan penyerapan air diperoleh setelah merendam sampel berukuran 5 x 5 x 0,7 cm ke dalam air pada suhu ruangan selama 24 jam. Pengujian kekuatan rekat internal menggunakan sampel berukuran 5 x 5 x 0,7 cm. Sampel uji ukuran 20 x 5 x 0,7 cm digunakan untuk pengujian modulus patah dan modulus elastisitas. Untuk memperkecil efek dari asam sitrat yang tidak bereaksi, sampel papan partikel setelah diuji modulus patah dan modulus elastisitas kemudian direbus selama 2 jam dan direndam air dingin selama 1 jam kemudian dibuat serbuk dan dianalisis dengan menggunakan FTIR.

### Hasil dan Pembahasan

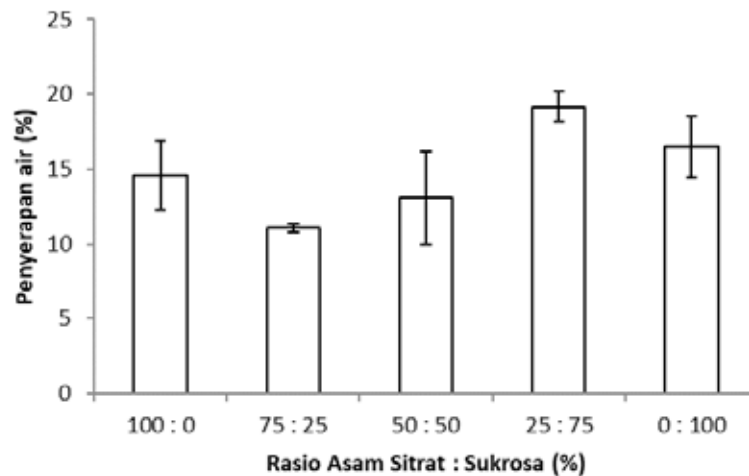
Hasil analisis menggunakan FTIR dapat dilihat pada Gambar 1. Perubahan gugus fungsi dari bahan baku, papan partikel tanpa perekat sintetik (*binderless board*) dan papan partikel dengan campuran asam sitrat dan sukrosa ditunjukkan pada Gambar 1. Gugus C=O yang ditunjukkan pada puncak 1720 cm<sup>-1</sup> terlihat sedikit pada partikel bambu maupun papan *binderless* serta papan partikel dengan perekat sukrosa. Gugus C=O ini dihasilkan oleh degradasi dari hemiselulosa selama proses pengempaan panas (Widyorini et al. 2005). Intensitas gugus tersebut semakin meningkat dengan penambahan asam sitrat. Kecenderungan yang sama juga terlihat pada papan partikel dari bambu, dimana penggunaan asam sitrat 10% - 40% menunjukkan intensitas gugus yang semakin kuat (Widyorini et al. 2014). Hal ini disebabkan oleh pembentukan ikatan ester dari gugus hidroksil pada kayu dengan gugus karboksil pada asam sitrat (Umemura et al. 2011). Gambar 1 juga menunjukkan bahwa penambahan sukrosa tidak menunjukkan intensitas gugus C=O sekuat pada penambahan asam sitrat. Pencampuran sukrosa dan asam sitrat menghasilkan intensitas gugus C=O yang lebih tinggi dibandingkan hanya dengan penambahan sukrosa saja, tetapi tetap masih lebih kecil dibandingkan penambahan asam sitrat. Menurut Umemura et al. (2013) bahwa keberadaan sukrosa berperan penting dalam menambah jumlah gugus OH yang bisa berikatan ester dengan gugus karboksil dari asam sitrat. Pada suhu yang tinggi dan dalam suasana asam, sukrosa terhidrolisis menjadi glukosa dan fruktosa sehingga menambah jumlah gugus OH yang dapat berikatan ester dengan asam sitrat. Disisi lain penambahan sukrosa pada campuran juga menurunkan keberadaan gugus karboksil karena jumlah asam sitrat berkurang, sehingga jumlah ikatan ester tidak bertambah. Keberadaan puncak 1512 cm<sup>-1</sup> diduga berasal dari unit aromatik pada lignin. Menurut Okuda dan Sato (2006), sifat lignin ditandai dengan adanya gugus C=C pada disekitar 1505 cm<sup>-1</sup> - 1510 cm<sup>-1</sup>. Penambahan asam sitrat dan sukrosa tidak terlihat mempengaruhi intensitas gugus C=C.



**Gambar 1.** Spektra FTIR untuk berbagai komposisi asam sitrat:sukrosa

Kerapatan papan partikel bambu petung berkisar  $0,94 - 1,10 \text{ g/cm}^3$  dari target kerapatan  $0,9 \text{ g/cm}^3$ . Semua papan partikel dapat dibuat tanpa ada delaminasi. Warna papan partikel semakin gelap dengan semakin banyaknya jumlah asam sitrat dan sukrosa, seperti ditemukan oleh Umemura et al. (2011) yang meneliti produk cetakan kayu akasia dengan penambahan asam sitrat.

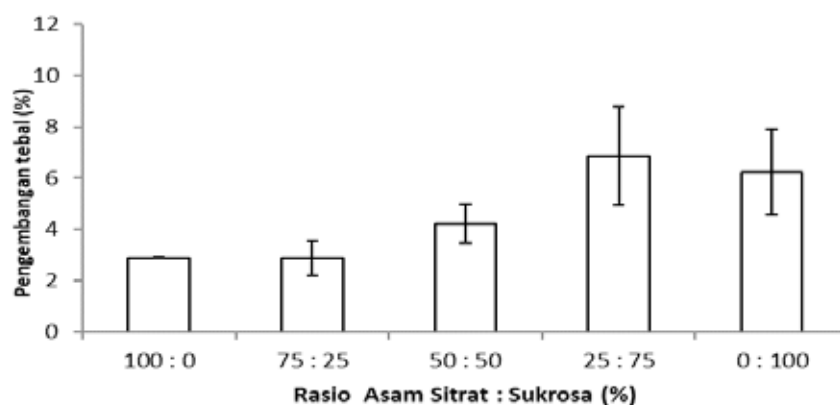
Gambar 2 dan 3 menunjukkan nilai penyerapan air dan pengembangan tebal papan partikel setelah direndam air pada suhu ruangan selama 24 jam. Semua papan partikel yang dibuat mempunyai nilai pengembangan tebal yang memenuhi persyaratan JIS A 5908, yaitu kurang dari 12%. Nilai penyerapan air semua papan partikel dengan perekat asam sitrat dan sukrosa dibawah nilai 20%.



**Gambar 2.** Nilai penyerapan air papan partikel pada berbagai variasi jumlah perekat dan rasio perekat asam sitrat:sukrosa

Peningkatan stabilitas dimensi terlihat dengan penurunan nilai pengembangan tebal dan penyerapan air seiring dengan penambahan perekat dengan berbagai variasi komposisi. Penurunan sifat higroskopis ini disebabkan oleh perubahan hemiselulosa bahan baku (Sekino et al. 1999 dalam Widyorini et al. 2005), serta terbentuknya ikatan ester yang mengikat gugus OH pada partikel bambu dengan karboksil asam sitrat (Widyorini et al. 2015; McSweeny et al. 2006), seperti sudah dijelaskan pada uraian diatas.

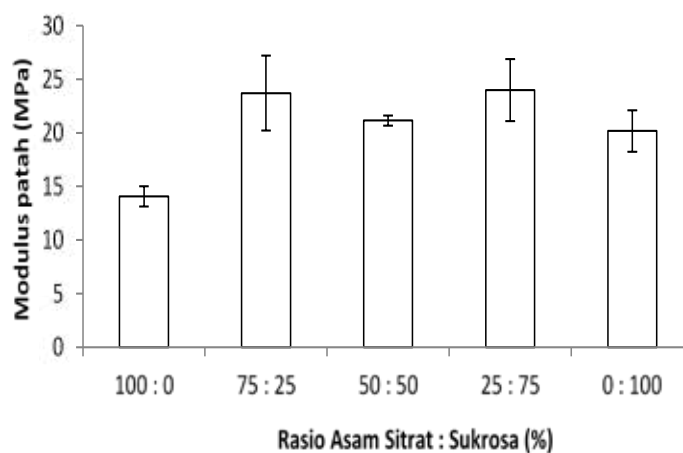
Semua nilai pengembangan tebal papan partikel dengan penambahan asam sitrat dan sukrosa dapat memenuhi persyaratan JIS A 5908 (tidak lebih dari 12%). Penambahan asam sitrat pada campuran perekat yang semakin banyak menghasilkan papan partikel dengan kestabilan dimensi yang lebih baik dibandingkan dengan papan partikel dengan penambahan sukrosa saja. Hal ini diduga karena sukrosa mempunyai kelarutan dalam air yang lebih tinggi dibandingkan dengan asam sitrat.



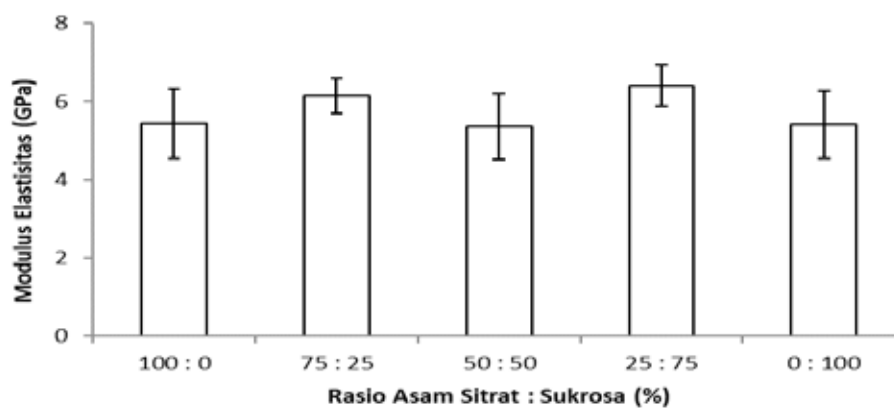
**Gambar 3.** Nilai pengembangan tebal papan partikel pada berbagai jumlah perekat dan rasio perekat asam sitrat:sukrosa

Sifat mekanika yang diamati pada penelitian ini meliputi keteguhan lengkung statis dan keteguhan rekat internal. Gambar 4 dan 5 menunjukkan nilai modulus patah dan nilai

modulus elastisitas papan partikel bambu petung dengan variasi komposisi perekat asam sitrat dan sukrosa. Nilai modulus patah dan modulus elastisitas diperoleh pada papan partikel yang dibuat dengan penambahan perekat asam sitrat dan sukrosa mempunyai nilai yang tinggi, dan memenuhi persyaratan JIS A 5908 tipe 13, bahkan tipe 18. Semua papan partikel yang dihasilkan mempunyai nilai modulus patah dan modulus elastisitas yang melebihi standar tipe 13, yaitu 13 MPa dan 2,5 GPa, secara berurutan. Bahkan dengan penambahan sukrosa dapat meningkatkan modulus patah menjadi lebih dari 18 MPa (melebihi tipe 18). Berbeda dengan nilai modulus patah, semua nilai modulus elastisitas papan partikel dari bambu partikel sangat tinggi yaitu lebih dari 5 GPa. Berbeda dengan penelitian Umemura et al. (2013) yang menunjukkan kenaikan sifat modulus patah dan modulus elastisitas seiring dengan penambahan sukrosa pada campuran perekat, dengan nilai optimal pada perbandingan asam sitrat:sukrosa adalah 25/75.



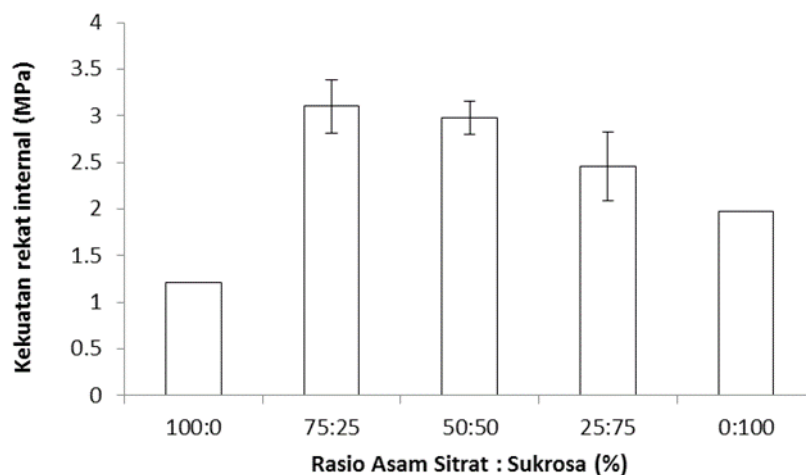
**Gambar 4.** Nilai modulus patah papan partikel pada berbagai variasi jumlah perekat dan rasio perekat asam sitrat:sukrosa



**Gambar 5.** Nilai modulus elastisitas spesifik papan partikel pada berbagai variasi jumlah perekat dan rasio perekat asam sitrat:sukrosa

Kekuatan rekat internal papan partikel pada variasi komposisi perekat asam sitrat:sukrosa ditunjukkan oleh Gambar 6. Semua papan partikel dengan penambahan asam sitrat dan sukrosa mempunyai nilai kekuatan rekat internal yang sangat tinggi yaitu lebih dari 1 MPa. Nilai keteguhan rekat internal pada penelitian ini sangat tinggi berkisar antara 1,2 – 3,1 MPa.

Penambahan sukrosa mampu meningkatkan nilai kekuatan rekat internal papan partikel. Bahkan pemberian sukrosa 100% menghasilkan nilai kekuatan rekat internal yang lebih tinggi dibandingkan asam sitrat 100%. Hal ini menarik untuk diteliti lebih lanjut, karena karakteristik kimia bambu yang berbeda dengan kayu. Hasil penelitian Umemura et al. (2013) memperlihatkan rata-rata keteguhan rekat internal papan partikel dari *softwood* yang diberi tambahan asam sitrat dan sukrosa hingga 30 (% berat kering partikel) adalah 1,61 MPa. Komposisi perekat berpengaruh terhadap nilai kekuatan rekat internal. Berbeda dengan hasil Umemura et al. (2013) yang menemukan komposisi optimal pada perbandingan asam sitrat:sukrosa adalah 25/75, hasil penelitian ini menunjukkan komposisi optimal pada asam sitrat:sukrosa adalah 75/25. Sukrosa diharapkan dapat menambah kekuatan dengan penambahan gugus OH-nya. Mekanisme perekatan merupakan hal yang penting untuk diketahui agar dapat diterapkan industri, oleh karena itu perlu penelitian lebih lanjut untuk mengetahui peranan sukrosa dan asam sitrat dan pengaruhnya dengan komposisi kimia bahan baku. Hal yang menarik pada penelitian ini dan Umemura et al. (2013) adalah penambahan sukrosa saja dapat menghasilkan kekuatan rekat internal yang memenuhi standar JIS A 5908. Berdasarkan penelitian oleh Lamaming et al. (2013), penambahan sukrosa sebanyak 20% juga dapat meningkatkan modulus patah dan kekuatan rekat internal pada papan partikel tanpa perekat dari pelepah kelapa sawit.



**Gambar 6.** Nilai kekuatan rekat internal spesifik papan partikel pada berbagai variasi jumlah perekat dan rasio perekat asam sitrat/sukrosa

### Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan asam sitrat dan sukrosa dapat digunakan sebagai perekat alami papan partikel, baik secara mandiri maupun dalam campuran. Kualitas papan partikel yang dihasilkan dapat memenuhi standar JIS A 5908 untuk papan partikel. Intensitas gugus C=O yang menunjukkan ikatan ester yang terbentuk, meningkat dengan penambahan asam sitrat. Penambahan sukrosa pada campuran tidak mempengaruhi intensitas gugus C=O secara nyata, yang diduga karena jumlah gugus karboksil menurun seiring penurunan asam sitrat. Kondisi optimal pada penelitian ini adalah komposisi perekat asam sitrat:sukrosa (75/25) dengan nilai pengembangan tebal 2,7%, penyerapan air 10%, kekuatan rekat internal

3 MPa, modulus patah 24 MPa, dan modulus elastisitas 6 GPa. Semua nilai tersebut dapat memenuhi standar JIS A 5908 tipe 18.

### Daftar Pustaka

- JIS A 5908. 2003. Particleboard. Japanese Standard Association, Tokyo, Japan.
- Kamthai, S. dan P. Puthson. 2005. The Physical Properties, Fiber Morphology and Chemical Compositions of Sweet Bamboo (*Dendrocalamus asper* Backer). *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* **39** : 581 – 587
- Lamaming J, Othman S, Tamoko S, Rokiah H, Norafizah S, Sato M. 2013. Influence of Chemical Components of Oil Palm on Properties of Binderless particleboard. *J Agricultural and Life Sci* **8**(3): 3358-3371.
- McSweeney JD, Rowell RM, Min S. 2006. Effect of Citric Acid Modification of Aspen Wood on Sorption of Copper Ion. *Journal of Natural Fibers*, Vol. **3**(1): 43-58.
- Rachman O, Malik J. 2011. Penggajian dan Pemesinan Kayu untuk Industri Perakayuan Indonesia. Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Kehutanan. Jakarta.
- Umemura K, Ueda T, Munawar SS, Kawai S. 2011. Application of Citric Acid as Natural Adhesive for Wood. *J. Appl. Polym. Sci.* **123**:1991-1996.
- Umemura K, Ueda T, Kawai S. 2012. Characterization of wood-based molding bonded with citric acid. *J Wood Sci.* **58**:38–45.
- Umemura K, Sugihara O, Kawai S. 2013. Investigation of a new natural adhesive composed of citric acid and sucrose for particleboard. *J Wood Sci.* **59**:203–208.
- Widyorini R, Satiti DA. 2011. Characteristics of Binderless Particleboards made from Heat-treated Wood Species. *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Symposium of Indonesian Wood Research Society; Yogyakarta, 3 – 4 November 2011.* Pp.125-129.
- Widyorini R, Prayitno TA, Kurniawan BA, Wicaksono BH. 2012a. Pengaruh Konsentrasi Asam Sitrat dan Suhu Pengempaan Terhadap Kualitas Papan Partikel dari Pelepah Nipah. *Jurnal Ilmu Kehutanan* **VI** (1): 61-70.
- Widyorini R, Yudha AP, Ngadianto A, Prayitno TA, Umemura K, Kawai S. 2012b. Development of Bio-based Composite Made From Bamboo And Oil Palm Frond. *Proceedings of BIOCOMP 2012 (11<sup>th</sup> Pacific Rim Bio-Based Composite Symposium); Shizuoka, Japan. 27 – 30 November 2012.* Pp. 219-225.
- Widyorini R, Umemura K, Isnaini R, Putra DR, Awaludin A, Prayitno TA. 2015. Manufacture and Properties of Citric Acid-Bonded Particle Board Made from Bamboo Materials. *European J of Wood and Wood Products* (first online publication).
- Widyorini R, Yudha AP, Isnaini R, Awaludin A, Prayitno TA, Ngadianto A, Umemura K. 2014. Improving the Physico-mechanical Properties of Eco-friendly Composite Made From Bamboo. *Bioresources* **896**: 562-565
- Zhao Z, Umemura K. 2014. Investigation of a new natural particleboard adhesive composed of tannin and sucrose. *J Wood Sci.* **60**:269-277.

# Pengaruh Umur Pohon, Bonita, dan Posisi Aksial Batang terhadap Sifat Pemboran Kayu Jati Sebagai Bahan Mebel

*Yustinus Suranto, TA Prayitno, Djoko Marsono, & J. Pramana Gentur Sutapa*

Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada  
Jl. Agro no 1. Bulaksumur, Yogyakarta, Telp :0274-550541  
E-mail: [suranto@ugm.ac.id](mailto:suranto@ugm.ac.id)

## ABSTRAK

Penggunaan kayu jati muda merupakan solusi terhadap terbatasnya ketersediaan bahan baku yang dihadapi industri mebel. Kayu muda cenderung memiliki kualitas rendah. Dua di antara banyak parameter pengukur kualitas kayu adalah pemboran tangensial dan pemboran radial. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh umur pohon, bonita dan posisi aksial batang terhadap sifat pemboran tangensial dan radial dan kualitas kayu. Tiga puluh enam pohon jati muda ditebang dari kawasan hutan KPH Kendal, Provinsi Jawa Tengah. Tiga cakram berdimensi aksial 10 cm diambil dari masing-masing posisi aksial batang, yaitu bagian pangkal, tengah dan ujung. Pengukuran sifat pemboran tangensial dan radial berdasarkan metode ASTM D 1666-87. Data dianalisis dengan analisis varians dalam rancangan acak lengkap berblok yang disusun secara faktorial. Pengujian lanjutan dilakukan dengan uji HSD Duncan. Kualitas kayu ditentukan berdasarkan kriteria Rahman dan Balfas (1989). Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor tunggal kelas umur, bonita dan posisi aksial batang serta berbagai interaksi dua maupun tiga faktor tidak berpengaruh terhadap sifat pemboran tangensial maupun pemboran radial. Nilai permukaan bebas cacat pemboran tangensial pada: (1) umur 25, 35 dan 45 tahun adalah 95,80; 96,26 dan 98,36 (2) bonita 3, 3,5 dan 4 dan 4,5 adalah 98,79; 97,51; 96,83 dan 94,10, (3) posisi pangkal, tengah dan ujung batang adalah 94,92; 95,85 dan 95,65. Nilai permukaan bebas cacat pemboran radial pada: (1) umur 25, 35 dan 45 tahun adalah 94,71; 96,43 dan 100, (2) bonita 3, 3,5 dan 4 dan 4,5 adalah 97,58; 99,09; 97,94 dan 93,57, (3) posisi pangkal, tengah dan ujung batang adalah 95,23; 97,47 dan 98,45%. Berdasarkan sifat pemboran kayu, kualitas kayu jati termasuk dalam peringkat kelas 1.

**Kata kunci:** bonita, kualitas kayu, posisi aksial, pemboran, umur

## Pendahuluan

Permasalahan yang dihadapi oleh sektor produksi kehutanan dan industri mebel sangat kompleks dan beragam, antara lain keterbatasan ketersediaan kayu sebagai bahan baku, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Permasalahan tersebut diatasi oleh berbagai sektor secara serentak. Bagi sektor kehutanan dan industri hasil hutan, masalah ini diatasi dengan maksimalisasi pemanfaatan bahan baku kayu hasil hutan tanaman, peningkatan efisiensi pemesian kayu, peningkatan kualitas produk dan muatan teknisnya, perbaikan kebijakan manajemen hutan lestari, harmonisasi terhadap standar kualitas produksi, dan mengarahkan proses produksi yang lebih ramah lingkungan hidup (Tan et al. 2007).

Sebagai bagian dari produksi kehutanan dan industri hasil hutan, industri mebel berbahan kayu jati di Provinsi Jawa Tengah juga menghadapi banyak kendala, salah satu yang dominan adalah keterbatasan ketersediaan kayu berkualitas tinggi yang dihasilkan dari penebangan pohon hutan tanaman berumur tua (Seno 2008). Problematika ini diatasi dengan cara penggunaan kayu secara menyeluruh, baik dari bagian pangkal, tengah maupun ujung batang

pohon yang dihasilkan dari pemanenan hutan jati rakyat maupun dari penjarangan hutan negara yang dikelola Perum Perhutani (Gadas 2005). Aktivitas penjarangan dilakukan secara periodis terhadap hutan jati, antara lain terhadap kelas umur 3, 4 dan 5. Kayu yang dihasilkannya cenderung memiliki kualitas kayu yang rendah sebagai kayu konstruksi, termasuk konstruksi mebel (Moore et al. 2009). Sementara itu, terdapat keragaman yang tinggi dalam hal bonita di dalam kawasan hutan jati (Wulfing 1932). Perbedaan tingkat bonita berpengaruh terhadap tingkat kecepatan pertumbuhan pohon, sehingga berpengaruh terhadap kualitas kayu (Zobel & Buijtenen 1989; Moore et al. 2009).

Kualitas kayu merupakan cerminan tingkat kesesuaian antara sifat-sifat kayu dengan tuntutan persyaratan yang diperlukan bagi penggunaan tertentu atas kayu tersebut. Semakin sesuai sifat-sifat kayu terhadap tuntutan persyaratan bagi penggunaan tertentu kayu, semakin tinggi tingkat kualitas kayu tersebut (Prayitno 2005). Sifat-sifat kayu meliputi sifat-sifat dasar kayu dan sifat-sifat pengolahan kayu. Sifat dasar kayu meliputi sifat kimia kayu, sifat struktur makroskopis kayu, sifat anatomi kayu, sifat fisika kayu, sifat mekanika kayu (Shmulsky & Jones 2011; Wanneng, 2011), sedangkan sifat pengolahan kayu meliputi sifat pengeringan kayu, sifat pengawetan kayu, sifat pemesian kayu (Csanady & Magoss 2013) dan sifat perekatan kayu serta sifat reka-oles (finishing) kayu. Operasi pemesian pemboran merupakan salah satu sifat pemesian kayu yang dapat diposisikan sebagai parameter untuk melihat kualitas kayu sebagai bahan mebel. Hal ini disebabkan karena perangkaian antar elemen mebel dalam rangka mengkonstruksi mebel dilakukan antara lain dengan menggunakan dowel, yakni pasak yang berbentuk silinder. Penggunaan dowel ini sudah barang tentu memerlukan lobang hasil pemboran pada setiap elemen mebel yang dirangkai. Oleh karena itu, parameter sifat pemboran merupakan hal yang penting untuk diketahui.

Penelitian bertujuan untuk mencapai tiga hal. Pertama, mengetahui pengaruh faktor umur pohon, bonita, posisi aksial batang dan interaksinya terhadap sifat pemboran kayu. Kedua, menentukan kualitas kayu jati sebagai bahan mebel berdasar parameter sifat pemboran. Ketiga, mencari kombinasi optimal pada ketiga faktor itu terhadap kualitas kayu jati.

## **Bahan dan Metode**

### **Bahan Penelitian**

Bahan penelitian berupa pohon jati sebanyak 36 batang yang ditebang dari 36 petak pada kawasan hutan KPH Kendal, Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah. Pohon sebanyak 36 batang mewakili tiga aras kelas umur (yaitu III, IV dan V) dan empat aras bonita (yaitu 3, 3,5, 4 dan 4,5) dengan tiga kali ulangan pada setiap kombinasi perlakuan.

### **Prosedur Penelitian**

Penelitian dilakukan dengan prosedur sebagai berikut. Pertama, memilah petak-petak hutan yang terkategori sebagai kelas umur III, IV dan V dari hutan di dalam kawasan hutan KPH Kendal dengan koordinat 06° 51' 22" LS sampai dengan 07° 07' 17" LS dan 109° 43' 28" BT sampai dengan 110° 24' 35" BT. Petak-petak ini tercatat di dalam buku Register Inventarisasi Hutan (Model RPKH - PDE2) Bagian Hutan (BH) Subah, BH Kalibodri, BH Kaliwungu, KPH

Kendal, Perum Perhutani Regio I Jawa Tengah. Kedua, memilah lebih lanjut berdasarkan tingkat bonita terhadap petak-petak hutan yang menjadi anggota populasi hutan berkelas umur III, kemudian diambil petak-petak yang termasuk ke dalam empat kelompok bonita, yaitu kelompok bonita: 3, 3,5, dan 4, serta 4,5. Aktivitas yang sama juga dilakukan terhadap kelas umur IV dan V. Dengan demikian, secara keseluruhan terpilih 12 kelompok petak hutan. Ketiga, memilih tiga petak dari setiap 12 kelompok itu, sehingga diperoleh 36 petak yg menjadi sumber bahan penelitian. Pemilihan didasarkan pada nilai-nilai penting dengan urutan: status kelas hutan (KU, TJBK, TBPTH, HLT), tahun tanam, dan kerapatan tegakan (Dkn). Rekapitulasi petak-petak hutan terpilih disajikan pada Tabel 1.

Keempat, melakukan inventarisasi dengan cara mengukur keliling batang setinggi dada terhadap pohon-pohon dalam setiap petak hutan terpilih. Inventarisasi dilakukan dengan metode petak ukur berbentuk lingkaran berjari-jari 17,8 m, sehingga luas setiap petak ukur adalah 0,1 ha. Intensitas sampling ditentukan sebesar 2,5%.

Kelima, menghitung nilai rata-rata keliling pohon pada setiap petak ukur. Nilai rata-rata ini dijadikan dasar untuk menentukan pohon sampel dari petak yang bersangkutan. Keenam, menebang pohon sample dari petak. Ketujuh, membagi batang bebas cabang menjadi bagian pangkal, tengah dan ujung. Kedelapan, memotong setiap posisi batang untuk mendapatkan cakram (*disk*) berukuran 10 cm arah longitudinal. Secara keseluruhan, diperoleh 108 cakram. Setiap cakram diberi notasi bonita, nomor pohon, bagian kayu arah aksial batang. Kesembilan, membuat contoh uji dan melakukan pengujian pemboran radial dan tangensial berdasarkan metode ASTM D 1666-87.

**Tabel 1.** Rekapitulasi petak-petak hutan terpilih sebagai sumber bahan penelitian

No	Kelas Umur	Bonita	Petak Hutan sebagai ulangan		
			1	2	3
1	III	3	36D2	36E	89C
2	III	3,5	43O	3H	56J
3	III	4	33A	33C	37D
4	III	4,5	11A	14B	4J
5	IV	3	6C	36D1	37A
6	IV	3,5	43J	94H	29C
7	IV	4	26C	36G	36H
8	IV	4,5	46G	14C	17A
9	V	3	18C	18A	6H
10	V	3,5	41C	96A	95A
11	V	4	5C	28C	65E
12	V	4,5	64B	19E	66A

## Analisis Hasil Penelitian

Hasil penelitian dianalisis dengan menggunakan analisis varians di dalam rancangan acak lengkap yang disusun secara faktorial (Snedecor & Cochran 1964). Pengujian statistik lanjutan bila diperlukan dilakukan dengan menggunakan uji HSD (*Honestly Significant Defferent*) Duncan. Kualitas bidang potong ditentukan berdasarkan metode Rachman dan Balfas (1989). Kualitas bidang potong digunakan sebagai basis untuk menentukan peringkat kualitas kayu. Kelas kualitas dibedakan menjadi lima kelas, yaitu kelas 1 (sangat baik), kelas 2 (baik), kelas 3 (cukup/ sedang), Kelas 4 (buruk) dan kelas 5 (sangat buruk). Hubungan antara kelas kualitas kayu dengan indikator proporsi luas permukaan bebas cacat pemboran disajikan pada Tabel 2 berikut.

**Tabel 2.** Dasar Klasifikasi Menurut Rachman & Balfas (1989)

Nilai	Permukaan bebas cacat pemboran (%)				
	100 - 80	79 - 60	59 - 40	39 - 20	19 - 0
Peringkat	1	2	3	4	5
Predikat	Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk

## Hasil Penelitian dan Pembahasan

### Hasil Penelitian

Hasil penelitian sifat pemboran radial dan tangensial disajikan secara berurutan pada Tabel 3 dan 4 berikut.

**Tabel 3.** Hasil Pengukuran Permukaan Bebas Cacat Pemboran Radial (%)

Kelas Umur	Bonita	Posisi	Ulangan			Rerata
			1	2	3	
III	3	Pangkal	100,00	100,00	79,66	93,22
		Tengah	100,00	100,00	100,00	100,00
		Ujung	100,00	100,00	100,00	100,00
	3,5	Pangkal	100,00	100,00	100,00	100,00
		Tengah	100,00	100,00	100,00	100,00
		Ujung	100,00	100,00	100,00	100,00
	4	Pangkal	100,00	100,00	74,92	91,64
		Tengah	100,00	100,00	69,48	89,83
		Ujung	100,00	100,00	100,00	100,00
	4,5	Pangkal	100,00	93,18	84,02	92,40
		Tengah	100,00	64,32	100,00	88,11
		Ujung	100,00	51,19	92,86	81,35

IV	3	Pangkal	100,00	100,00	80,13	93,38
		Tengah	100,00	100,00	74,99	91,66
		Ujung	100,00	100,00	100,00	100,00
	3,5	Pangkal	75,53	100,00	100,00	91,84
		Tengah	100,00	100,00	100,00	100,00
		Ujung	100,00	100,00	100,00	100,00
	4	Pangkal	100,00	100,00	100,00	100,00
		Tengah	100,00	100,00	100,00	100,00
		Ujung	100,00	100,00	100,00	100,00
	4,5	Pangkal	100,00	40,89	100,00	80,30
		Tengah	100,00	100,00	100,00	100,00
		Ujung	100,00	100,00	100,00	100,00
V	3	Pangkal	100,00	100,00	100,00	100,00
		Tengah	100,00	100,00	100,00	100,00
		Ujung	100,00	100,00	100,00	100,00
	3,5	Pangkal	100,00	100,00	100,00	100,00
		Tengah	100,00	100,00	100,00	100,00
		Ujung	100,00	100,00	100,00	100,00
	4	Pangkal	100,00	100,00	100,00	100,00
		Tengah	100,00	100,00	100,00	100,00
		Ujung	100,00	100,00	100,00	100,00
	4,5	Pangkal	100,00	100,00	100,00	100,00
		Tengah	100,00	100,00	100,00	100,00
		Ujung	100,00	100,00	100,00	100,00

**Tabel 4.** Hasil Pengukuran Permukaan Bebas Cacat Pemboran Tangensial (%)

Kelas Umur	Bonita	Posisi	Ulangan			Rerata
			1	2	3	
III	3	Pangkal	100,00	100,00	100,00	100,00
		Tengah	100,00	100,00	100,00	100,00
		Ujung	100,00	100,00	100,00	100,00
	3,5	Pangkal	100,00	100,00	100,00	100,00
		Tengah	100,00	100,00	80,26	93,42
		Ujung	100,00	100,00	100,00	100,00
	4	Pangkal	100,00	85,54	100,00	95,18
		Tengah	100,00	100,00	56,64	85,55
		Ujung	100,00	100,00	100,00	100,00
	4,5	Pangkal	100,00	72,17	100,00	90,72
		Tengah	100,00	74,14	80,01	84,72
		Ujung	100,00	100,00	100,00	100,00

IV	3	Pangkal	100,00	100,00	100,00	100,00
		Tengah	94,09	100,00	100,00	98,03
		Ujung	100,00	100,00	100,00	100,00
	3,5	Pangkal	100,00	100,00	100,00	100,00
		Tengah	100,00	100,00	84,79	94,93
		Ujung	100,00	100,00	100,00	100,00
	4	Pangkal	100,00	100,00	84,84	94,95
		Tengah	100,00	100,00	100,00	100,00
		Ujung	87,33	100,00	100,00	95,78
	4,5	Pangkal	100,00	33,72	100,00	77,91
		Tengah	100,00	100,00	80,71	93,57
		Ujung	100,00	100,00	100,00	100,00
V	3	Pangkal	73,26	100,00	100,00	91,09
		Tengah	100,00	100,00	100,00	100,00
		Ujung	100,00	100,00	100,00	100,00
	3,5	Pangkal	100,00	100,00	67,65	89,22
		Tengah	100,00	100,00	100,00	100,00
		Ujung	100,00	100,00	100,00	100,00
	4	Pangkal	100,00	100,00	100,00	100,00
		Tengah	100,00	100,00	100,00	100,00
		Ujung	100,00	100,00	100,00	100,00
	4,5	Pangkal	100,00	100,00	100,00	100,00
		Tengah	100,00	100,00	100,00	100,00
		Ujung	100,00	100,00	100,00	100,00

## Analisis Hasil Penelitian

Untuk mengetahui pengaruh faktor kelas umur, faktor bonita, dan faktor posisi aksial batang serta interaksi antara faktor-faktor tersebut terhadap sifat pemboran, dilakukan analisis varians. Hasilnya disajikan secara berurutan dalam Tabel 5 dan 6 berikut.

**Tabel 5.** Analisis Varians Proporsi Permukaan Bebas Cacat Pemboran Radial

Sumber Variasi	DB	Jumlah Kuadrat	Rata-rata kuadrat	F Hitung	Sign
Blok	2	279,43	139,72	1,44 ns	0,2449
Kelas Umur (KU)	2	523,85	261,92	2,69 ns	0,0748
Bonita	3	468,40	156,13	1,60 ns	0,1962
KU*Bonita	6	589,45	98,24	1,01 ns	0,4263
Posisi	2	195,45	97,72	1,00 ns	0,3716
KU*Posisi	4	297,33	74,33	0,76 ns	0,5524
Bonita*Posisi	6	118,74	19,79	0,20 ns	0,9747
KU*Bonita*Posisi	12	869,09	72,42	0,74 ns	0,7038
Error	72	6812,65	97,32		
Total	107	10154,39			

Keterangan: \*\*: berbeda secara sangat nyata, \* berbeda secara nyata, ns: tidak berbeda nyata.

**Tabel 6.** Analisis Varians Proporsi Permukaan Bebas Cacat Pemboran Tangensial (%)

Sumber Variasi	DB	Jumlah Kuadrat	Rata-rata Kuadrat	F Hitung	Sign
Blok	2	215,08	107,54	1,06 ns	0,3524
Kelas Umur (KU)	2	133,90	66,95	0,66 ns	0,5205
Bonita	3	317,09	105,70	1,04 ns	0,3801
KU*Bonita	6	590,79	98,47	0,97 ns	0,4524
Posisi	2	451,43	225,72	2,22 ns	0,1160
KU*Posisi	4	444,89	111,22	1,09 ns	0,3659
Bonita*Posisi	6	245,45	40,91	0,40 ns	0,8748
KU*Bonita*Posisi	12	894,96	74,58	0,73 ns	0,7134
Error	72	7110,31	101,58		
Total	107	10403,89			

Keterangan: \*\*: berbeda secara sangat nyata, \* berbeda secara nyata, ns: tidak berbeda nyata.

### Pembahasan Sifat Pemboran Arah Radial

Analisis varians pada Tabel 5 memperlihatkan, bahwa faktor kelas umur, bonita, posisi aksial batang dan interaksi antara faktor-faktor tersebut tidak berpengaruh secara nyata terhadap proporsi permukaan bebas cacat pemboran arah radial. Dengan demikian, proporsi permukaan bebas cacat pemboran arah radial memiliki besaran yang relatif sama dan tidak satu pun faktor maupun interaksi di antara faktor-faktor tersebut yang mempengaruhinya.

Nilai proporsi permukaan kayu bebas cacat pemboran arah radial ternyata tidak berbeda dari pengaruh faktor kelas umur, faktor bonita, faktor posisi aksial batang serta berbagai interaksi yang mungkin terjadi antara faktor-faktor tersebut. Usaha untuk memahami realitas hasil penelitian ini dilakukan dengan merunutnya berdasarkan teori pemboran, baik yang dikemukakan Koch (1964) maupun Csanady dan Magoss (2013) sebagai berikut. Kualitas permukaan kayu yang dihasilkan oleh proses pemboran ditentukan oleh tiga faktor, yaitu (1) kayu sebagai benda kerja, (2) kondisi dan spesifikasi mesin pembor, dan (3) pola interaksi antara kayu sebagai benda kerja dan mesin pembor. Sementara itu, faktor penentu kedua dan ketiga adalah sama bagi setiap contoh uji yang dikenai proses pemboran radial. Pernyataan ini berarti bahwa kondisi dan spesifikasi mesin pembor yang digunakan untuk membor arah radial terhadap contoh uji adalah sama. Demikian pula, pola interaksi antara kayu dan mesin pembor adalah sama bagi setiap bagi setiap contoh uji, yakni kecepatan pengumpanannya sama, proses pemboran dilakukan pada arah yang sama yaitu arah pemotongan (90,90) serta permukaan kayu yang dibor juga sama, yakni arah radial. Dengan demikian, penelusuran lebih lanjut dilakukan terhadap faktor pertama, yaitu kondisi kayu sebagai benda kerja yang dibor secara radial.

Penelusuran kondisi kayu sebagai benda kerja dilakukan dengan mendasarkan pada proses pemboran dan arah kayu yang dibor. Dalam konteks ini, proses pemboran dilaksanakan dengan pola pemotongan (90,90) dan proses pemboran ini dilakukan terhadap sumbu radial kayu. Oleh karena itu, maka peran sel jari-jari sangat dominan sebagai penentu kondisi kayu sebagai benda kerja, khususnya pada permukaan atau bidang radial kayu. Hal ini disebabkan karena orientasi arah sel jari-jari adalah radial. Dengan demikian, maka arah longitudinal sel jari-jari sama dengan arah pergerakan mata bor dalam proses pemotongan yang juga berarah

radial. Di samping pengaruh sel jari-jari, pengaruh sel parenkim juga tidak bisa diabaikan. Hal ini disebabkan karena pola pemotongan (90,90) mengakibatkan arah sisi iris alat potong tegak lurus terhadap sumbu panjang sel parenkim.

Analisis hasil penelitian tentang proporsi jari-jari memperlihatkan, bahwa proporsi jari-jari tidak berbeda nyata pada faktor bonita dan semua interaksinya, kecuali faktor kelas umur dan posisi aksial batang yang berbeda nyata. Sementara itu, proporsi parenkim tidak berbeda secara nyata dalam faktor kelas umur dan faktor posisi aksial batang (Suranto 2015).

Penelusuran terhadap pengaruh kelas umur terhadap proporsi jari-jari ditemukan bahwa nilai proporsi jari-jari pada kelas umur III, IV dan V masing-masing sebesar 13,38, dan 15,09 serta 15,90%. Nilai ini pada kelas umur IV dan V dinyatakan tidak berbeda nyata, tetapi keduanya berbeda terhadap kelas umur III. Sementara itu nilai proporsi jari-jari dalam arah aksial pada posisi pangkal, tengah dan ujung batang masing-masing sebesar 16,08 dan 14,21 serta 14,082%. Nilai ini pada bagian tengah dan bagian ujung batang dinyatakan tidak berbeda nyata, tetapi keduanya berbeda terhadap bagian pangkal batang. Sebaliknya, faktor kelas umur dan faktor posisi aksial batang itu memiliki proporsi parenkim yang tidak berbeda secara nyata (Suranto 2015).

Oleh karena itu, ada mekanisme penetralkan pengaruh proporsi jari-jari dalam konteks faktor umur dan faktor posisi aksial batang oleh proporsi sel parenkim. Dengan demikian, maka faktor penetralkan itu akan berakibat pada kondisi kayu pada bidang potong dalam proses pemboran radial yang tidak berbeda secara nyata. Dengan demikian, faktor proporsi sel jari-jari dan sel parenkim yang saling menetralsir itu membuat kondisi kayu pada bidang potong bor menjadi tidak berbeda. Ketidak-bedaan kayu pada bidang potong bor itu sebagai faktor ketiga, mungkin menjadi penyebab mengapa permukaan bebas cacat pemboran tidak berbeda nyata pada ketiga faktor penelitian dan interaksi yang terjadi di antara ketiga faktor tersebut.

### **Pembahasan Sifat Pemboran Arah Tangensial.**

Analisis varians pada Tabel 6 memperlihatkan, bahwa faktor kelas umur, bonita, posisi aksial batang dan interaksi antara faktor-faktor tersebut tidak berpengaruh secara nyata terhadap proporsi permukaan bebas cacat pemboran arah tangensial. Dengan demikian, proporsi permukaan bebas cacat pemboran arah tangensial memiliki besaran yang relatif sama dan tidak satu pun faktor maupun interaksi di antara faktor-faktor tersebut yang mempengaruhinya.

Nilai proporsi permukaan kayu bebas cacat pemboran arah tangensial ternyata tidak berbeda dari pengaruh faktor kelas umur, faktor bonita, faktor posisi aksial batang serta berbagai interaksi yang mungkin terjadi antara faktor-faktor tersebut. Usaha untuk memahami realitas hasil penelitian ini dilakukan dengan merunutnya berdasarkan teori pemboran, baik yang dikemukakan Koch (1964) maupun Csanady dan Magoss (2013) sebagai berikut. Kualitas permukaan kayu yang dihasilkan oleh proses pemboran ditentukan oleh tiga faktor, yaitu (1) kayu sebagai benda kerja, (2) kondisi dan spesifikasi mesin pembor, dan (3) pola interaksi antara kayu sebagai benda kerja dan mesin pembor. Sementara itu, faktor penentu kedua dan ketiga adalah sama bagi setiap contoh uji yang dikenai proses pemboran tangensial. Pernyataan ini berarti bahwa kondisi dan spesifikasi mesin pembor yang digunakan untuk membore arah tangensial terhadap contoh uji adalah sama. Demikian pula, pola interaksi antara kayu dan mesin pembor adalah sama bagi setiap bagi setiap contoh uji, yakni kecepatan pengumpanannya

sama, proses pemboran dilakukan pada arah yang sama yaitu arah pemotongan (90,90) serta permukaan kayu yang dibor juga sama, yakni arah tangensial. Dengan demikian, penelurusan lebih lanjut dilakukan terhadap faktor pertama, yaitu kondisi kayu sebagai benda kerja yang dibor secara tangensial.

Penelurusan kondisi kayu sebagai benda kerja dilakukan dengan mendasarkan pada proses pemboran dan arah kayu yang dibor. Dalam konteks ini, proses pemboran dilaksanakan dengan pola pemotongan (90,90) dan proses pemboran ini dilakukan terhadap sumbu tangensial kayu. Oleh karena itu, maka peran sel parenkim sangat dominan sebagai penentu kondisi kayu sebagai benda kerja, khususnya pada permukaan atau bidang tangensial kayu. Hal ini disebabkan karena orientasi arah sel parenkim adalah longitudinal. Dengan demikian, maka arah longitudinal sel parenkim sama dengan arah pergerakan mata bor dalam proses pemotongan yang juga berarah longitudinal. Di samping pengaruh sel parenkim, pengaruh sel jari-jari juga tidak bisa ditinggalkan. Hal ini disebabkan karena pola pemotongan (90,90) mengakibatkan arah sisi iris alat potong tegak lurus terhadap sumbu panjang sel jari-jari.

Analisis hasil penelitian Suranto (2015) tentang proporsi memperlihatkan, bahwa proporsi parenkim tidak berbeda nyata pada semua faktor dan semua interaksinya, kecuali faktor bonita. Sementara itu, proporsi jari-jari tidak berbeda secara nyata dalam faktor bonita. Oleh karena itu, ada mekanisme penetralan pengaruh proporsi parenkim dalam konteks faktor bonita terhadap proporsi sel jari-jari. Dengan demikian, maka faktor penetralan itu akan berakibat pada kondisi kayu pada bidang potong dalam proses pemboran tangensial yang tidak berbeda secara nyata. Dengan demikian, faktor proporsi sel parenkim dan sel jari-jari yang saling menetralkan itu membuat kondisi kayu pada bidang potong bor menjadi tidak berbeda. Ketidakterbedaan kayu pada bidang potong bor itu sebagai faktor ketiga, mungkin menjadi penyebab mengapa permukaan bebas cacat pemboran tangensial tidak berbeda nyata pada ketiga faktor penelitian dan interaksi yang terjadi diantara ketiga faktor tersebut.

### **Analisis Kualitas Kayu Berdasar Sifat Pemboran.**

Berdasarkan sifat pemborannya, kualitas kayu ditentukan dengan mengikuti indikator yang disusun oleh Rahman dan Balfas (1989) sebagaimana disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan hasil penelitian mengenai permukaan bebas cacat pemboran diperoleh nilai 93,57 sampai dengan 100 Berdasarkan Tabel 2 tersebut, maka nilai permukaan bebas cacat ini termasuk dalam kelas kualitas 1. Hal ini berarti bahwa kayu jati termasuk dalam kelas kualitas dengan predikat sangat baik.

### **Kesimpulan**

Penelitian ini menghasilkan empat butir kesimpulan sebagai berikut.

1. Faktor tunggal kelas umur, bonita dan posisi aksial batang serta berbagai interaksi dua maupun tiga faktor tidak berpengaruh terhadap sifat pemboran radial dan pemboran tangensial.
2. Nilai permukaan bebas cacat pemboran radial pada: (1) umur 25, 35 dan 45 tahun adalah 94,71; 96,43 dan 100, (2) bonita 3, 3,5 dan 4 dan 4,5 adalah 97,58; 99,09; 97,94 dan 93,57, (3) posisi pangkal, tengah dan ujung batang adalah 95,23; 97,47 dan 98,45%.

3. Nilai permukaan bebas cacat pemboran tangensial pada: (1) umur 25, 35 dan 45 tahun adalah 95,80; 96,26 dan 98,36 (2) bonita 3, 3,5 dan 4 dan 4,5 adalah 98,79; 97,51; 96,83 dan 94,10, (3) posisi pangkal, tengah dan ujung batang adalah 94,92; 95,85 dan 95,65%.
4. Berdasarkan sifat pemboran kayu, kualitas kayu jati termasuk dalam peringkat kelas kualitas 1 yang berarti memiliki predikat sangat baik.

### Daftar Pustaka

- Anonim. 1985. Standard Methods of Conducting Machining Test of Wood and Based Materials. ASTM D 1666-87. Annual Book of ASTM Standard Section 4 Construction Volume 4. Revision Issued Annually. American Standard Society for Testing Material. Philadelphia.
- Csanady E, Magos E. 2013. Mechanic of Wood Machining. Second Edition. Department of Wood Engineering. University of West Hungary, Sopron. Springer-Verlag, Heidelberg Berlin. New York.
- Gadas SR. 2005. Sisi Pasokan Hutan Tanaman. Makalah Lokakarya Restrukturisasi Industri Kehutanan Indonesia. Century Park, 1 Desember 2005. Jakarta.
- Moore JR, Lyon AJ, Searles GJ, Vihermaa LE. 2009. The Effects of Site and Stand Factors on the Tree and Wood Quality of Sitka Spruce Growing in the United Kingdom. *Silva Fennica*. **43**(3): 383–396.
- Prayitno. 2005. Pertumbuhan dan Kualitas Kayu. Program Pasca Sarjana. Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Rachman O, Balfas J. 1989. Karakteristik Penggergajian dan Pengerjaan Beberapa Jenis Kayu HTI. Makalah dalam Proceedings Diskusi Sifat dan Kegunaan Kayu HTI. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Koch P. 1964. Wood Machining Processes. The Ronald Press Company. New York.
- Shmulsky R, Jones D. 2011. Forest Product and Wood Science. An Introduction. 6 edition. Wiley-Blackwell Publication. United Kingdom.
- Seno A. 2008. Pengembangan Industri Furnitur di Indonesia. Direktorat Industri Hasil Hutan dan Perkebungan, Direktorat Jenderal Industri Agro dan Kimia. Departemen Perindustrian. Makalah Workshop Pengembangan Keunggulan Local Program Studi Teknologi Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Snedecor GW, Cochran WG. 1964. Statistical Methods. The Iowa State University Press. Ames. United States of America.
- Tan YE, Lim N, Josue J, Gan KS. 2007. Improving Utilization and Value Adding of Plantation timber for Sustainable Sources in Malaysia. Forest Research Institute Malaysia and Forestry and Forest Product Research Institute, Tsukuba, Japan.
- Wanneng P. 2011. Wood Property Assessment of Teak (*Tectona grandis* Linn. F) Plantation of Different Ages Grown in Lao PDR. Masters Research thesis, School of Forest and Ecosystem Science, The University of Melbourne. Sumber: [dtl.unimelb.edu.au/dtl\\_publish/research/46/281033.html](http://dtl.unimelb.edu.au/dtl_publish/research/46/281033.html). Diunduh 23 Mei 2014.

- Wulffing WV. 1932. Tabel Tegakan untuk Tanaman Jati. Pengumuman Singkat Balai Penelitian Kehutanan No. 63. Terjemahan oleh Ir. Sudarwono Hardjosudiro. Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Zobel BJ, Buijtenen JP. 1989. Wood Variation. It's Causes and Control. Springer-Verlag. Berlin, Hiedelberg, New York, London, Paris, Tokyo.
- Suranto. 2015. Pengaruh Umur, Bonita dan Posisi Aksial Batang terhadap Kualitas Kayu Sebagai Bahan Mebel. Studi Kasus di Kesatuan Pemangkuan Hutan Kendal. Disertasi. Program Studi Kehutanan, Progran Pascasarjana, Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. (Tidak Dipublikasikan).

# Pembuatan Furnitur *Terro Table* dari Kayu Tengkawang (*Shorea macrophylla*) sebagai Alternatif Pengganti Kayu Ramin

Panji P. Saktianggi<sup>1</sup>, Vandy E. Prasetyo, Ganis Lukmandaru<sup>1</sup>, Oka Karyanto<sup>1</sup>, Joko Sulistyio,  
Ragil Widyorini<sup>1</sup>, Ign. Adhitjahjo L.M<sup>2</sup>, G.A. Wibowo<sup>2</sup>, Kasmujiono<sup>3</sup>, & Saminto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta

Email: jokosulistyo@ugm.ac.id

<sup>2</sup>Pendidikan Industri Kayu Indonesia, Semarang

<sup>3</sup>PT Sari Bumi Kusuma, Kalimantan Barat

## ABSTRAK

Tengkawang (*Shorea macrophylla*.) merupakan salah satu spesies cepat tumbuh yang belum diketahui sifat dan penggunaan kayunya. Selama ini tengkawang diketahui sebagai salah satu sumber minyak lemak yang bernilai tinggi, tetapi setelah tidak produktif lagi pohon ini umumnya ditebang untuk dimanfaatkan kayunya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat dan potensi kayu tengkawang sebagai bahan baku furnitur *Terro Table* (meja terro) dari 2 pohon (A dan B) yang ditebang di Sei Seruyan (PT Sari Bumi Kusuma, Kalimantan Tengah). Hasil pengujian sifat-sifat fisika dan mekanika tengkawang meliputi berat jenis 0,21-0,25; penyusutan radial 1,98-4,07%; penyusutan tangensial 4,15-6,03%, kekerasan arah radial 59,71-179,14 kg/cm<sup>2</sup>; dan kekerasan arah tangensial (kg/cm<sup>2</sup>). Sifat pengerjaan yang diukur adalah cacat penggergajian dalam kisaran 36-54%, pengetaman 28-52%, pengampelasan 4-6%, pengeboran 40-42%, dan pembubutan 87-90%. Pembuatan *Terro Table* dengan dimensi 60 cm x 50 cm x 65 cm ini membutuhkan bahan baku sebanyak 0,034 m<sup>3</sup> kayu tengkawang untuk setiap produknya. Setelah itu dilakukan *finishing* dengan bahan melamin (larut air) yang menunjukkan nilai warna produk mendekati warna kayu ramin.

**Kata kunci:** meranti, finishing, sifat pengerjaan, mebel, sifat warna

## Pendahuluan

Industri mebel dan kerajinan di Indonesia ke depan diakui masih menjanjikan dan sangat terbuka, meskipun kondisi pasar ekspor saat ini mengalami fluktuasi sebagai dampak terjadinya krisis global. Terkait dengan bahan baku, dewasa ini telah gencar dilakukan upaya untuk mencari bahan baku alternatif bagi kayu-kayu komersil mengingat ketersediaannya semakin terbatas dan harga dipasaran yang semakin tinggi. Salah satu jenis *fancy wood* Indonesia untuk produk furnitur adalah kayu ramin, dengan keunggulan warna putih bagus dan serat yang indah. Sayangnya, kayu ini sudah tidak dijadikan pilihan utama lagi karena keterbatasan pasokan dan dianggap sebagai jenis yang dilindungi.

Kayu-kayu kurang dikenal (*lesser used/known*) dapat dijadikan alternatif untuk memenuhi kebutuhan pasar dan industri akan bahan baku yang baik dan berkualitas. Dalam rangka upaya tersebut maka dilakukan penelitian atau studi tentang peluang penggunaan kayu penghasil tengkawang (*Shorea macrophylla*) sebagai alternatif bahan baku. Istilah tengkawang sendiri mencakup beberapa spesies termasuk beberapa yang dilindungi atau dilarang untuk ditebang sedangkan *Shorea macrophylla* atau meranti merah ini tidak termasuk yang dilindungi (PP No. 7 Tahun 1999). Data sifat dasar kayunya masih terbatas untuk sifat kimianya (Yunanta et al. 2014) dan berat jenis (Martawijaya et al. 2005).

Tengkawang merupakan salah satu hasil hutan yang penting dan bernilai tinggi karena selain menghasilkan kayu juga bijinya dapat diolah menjadi minyak lemak. Sifatnya yang khas dan berbeda dengan jenis minyak lemak yang lain membuat harga jual minyak lemak dari biji tengkawang cukup tinggi. Penanaman tengkawang saat ini banyak dilakukan di Kalimantan mengingat pohon ini merupakan pohon khas Kalimantan. Di sisi lain, ketika pohon tengkawang sudah tidak produktif lagi (hasil bijinya menurun) maka kayunya dapat dimanfaatkan sebagai kayu gergajian dan bahan baku kayu lapis. Dari pengamatan sepintas, kayu tengkawang memiliki kayu yang relatif lunak, warna putih yang bagus serta tekstur yang kasar. Dari sifat tersebut, telah dicoba pembuatan produk furnitur rumah tangga untuk menyangga beban yang ringan, yaitu *Terro Table* dari kayu tengkawang. Analisis sifat dasar dan pengerjaan juga ditampilkan untuk pembahasan kesesuaian spesies ini untuk produk furnitur.

## Bahan dan Metode

### Penyiapan bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 2 pohon tengkawang yang diperoleh dari HPH PT Sari Bumi Kusuma yang terletak di daerah Sei Seruyan, Kalimantan Tengah. Pohon Tengkawang yang telah ditebang berdiameter pangkal 46 cm (pohon A, usia tidak diketahui) dan 30 cm (pohon B, usia 10 tahun). Batang pohon digergaji secara *flat sawn* untuk dijadikan papan dengan tebal 2,5 dan 5 cm dengan panjang 70 - 120 cm. Sampel yang diperoleh kemudian dikirim ke Laboratorium Pengerjaan Kayu di Klebengan, Yogyakarta untuk dilakukan dikeringkan sampai kadar air sekitar 10-15 %. Sebagai pembandingan produk mebel, dipakai spesimen ramin dari koleksi Lab. Sifat Dasar Kayu, Fak. Kehutanan UGM.

### Pembuatan contoh uji sifat fisika dan pengerjaan

Untuk pengujian sifat fisika dan pengerjaan kayu tengkawang, dari papan yang telah digergaji secara *flat-sawn*, sebanyak tiga papan dengan ukuran 2,5 x 7,5 x 120 cm dan 5 x 7,5 x 120 cm diambil dan dipilih. Masing-masing contoh uji awal di gergaji menggunakan gergaji bundar menjadi contoh uji pengerjaan dengan pedoman ASTM D-1666-87 (Anonim 2002) yang telah dimodifikasi sesuai bahan yang tersedia. Ukuran contoh uji sifat pengerjaan kayu masing-masing adalah sifat pengetaman, sifat penggergajian (pembelahan), sifat pengampelasan, sifat pengeboran dan sifat pembubutan. Setelah itu seluruh contoh uji dikeringkan hingga mencapai kadar air kering udara (kurang lebih 14%) dengan menggunakan oven. Klasifikasi mutu cacat permukaan kayu didasarkan oleh Abdurrahman dan Karnasudirdja (1982).

Untuk mengetahui informasi lain guna memberikan dukungan terhadap sifat kayu untuk mebel dan kerajinan, maka dilakukan pengujian sifat fisika (berat jenis dan penyusutan) dan mekanika kayu (kekerasan). Contoh uji sifat fisika dan mekanika kayu dibuat sesuai dengan pedoman *British Standard B. S. 373* (Anonim 1957). Skema pengambilan contoh uji penelitian (sifat pengerjaan, fisika dan mekanika) ditampilkan pada Gambar 1.

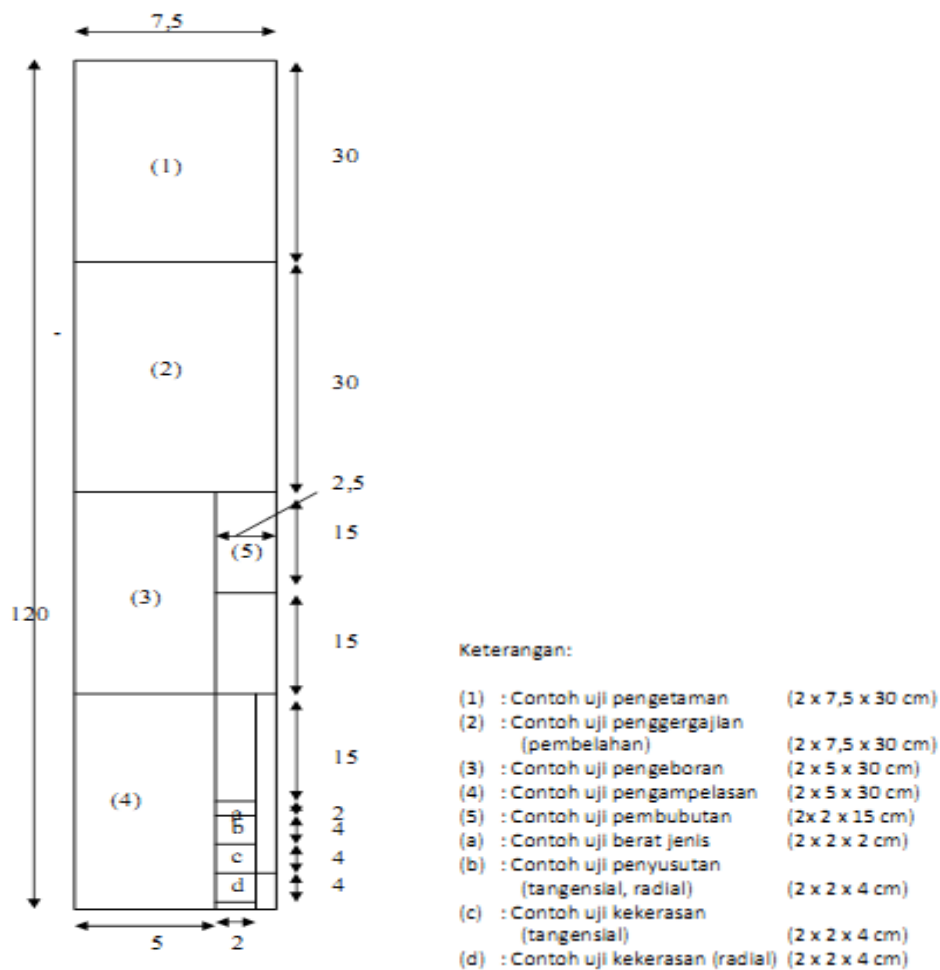
### Pembuatan mebel

Dari papan-papan selain yang dibuat sebagai contoh uji sifat fisika dan pengerjaan, dibuat jenis mebel rumah tangga (*Household Furniture*) yaitu *Terro Table* dengan dimensi 60 cm x 50

cm x 65 cm sebanyak 3 buah yaitu 1 buah dari pohon A dan 2 buah dari pohon B. Pembuatan produk ini dilakukan di Laboratorium Pengolahan Kayu Akademik Industri, PIKA, Semarang. Dua dari tiga produk tersebut kemudian di-finishing dengan bahan *melamine water based*.

### Pengukuran warna

Pengukuran warna mebel yang tidak atau sudah difinishing dilakukan dengan memakai alat Spektrokolorimeter NF-333 (Nippon Denshoku) pada sistem  $L^*a^*b$ , dimana  $L^*$  (kecerahan) dengan skala 0 (hitam) - 100 (putih),  $a^*$  (kemerahan) dengan skala + (merah) dan (-) untuk hijau,  $b^*$  dengan skala (+) untuk kuning dan (-) untuk biru. Sebagai pembandingan, pengukuran warna juga dilakukan pada kayu ramin tanpa finishing.



**Gambar 1.** Skema pengambilan contoh uji penelitian kayu tengkawang (sifat pengerjaan, fisika dan mekanika).

## Hasil Penelitian dan Pembahasan

### Sifat fisika kayu

Sifat fisika kayu tengkawang dari dua sampel pohon disarikan pada Tabel 1. Dari tabel di atas menunjukkan bahwa berat jenis rata-rata kayu tengkawang adalah 0,23 dan dapat dikategorikan ke dalam kayu dengan berat jenis rendah. Nilai ini lebih rendah dari kerapatan

kayu ramin (0,63) bahkan lebih rendah dibandingkan kayu sengon (0,33) yang sebelumnya telah banyak dipakai untuk konstruksi ringan. Nilai kisaran antara umur tua (pohon A) dan muda (pohon B) tidaklah berbeda jauh, yang menunjukkan umur bukanlah faktor yang banyak berpengaruh pada kerapatan kayunya.

Kisaran penyusutan radial sebesar 2,39-3,11% sedangkan pada arah tangensial sebesar 4,65-5,28%. Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa pohon B menyusut lebih banyak jika dibandingkan pohon A pada arah radial maupun tangensial. Meskipun tidak berbeda jauh, perbedaan kerapatan, dimana pada pohon B yang sedikit lebih besar menyebabkan fenomena tersebut. Dari kestabilan dimensinya, nilai T/R masih di bawah 2 atau relatif stabil yang diasumsikan karena korelasi dengan berat jenisnya bila dibandingkan ramin maupun sengon.

Pengujian kekerasan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui respon kayu yang nantinya berhubungan dengan mudahnya kayu untuk dikerjakan baik dengan sistem manual maupun dengan mesin. Dari dua parameter di atas, terdapat perbedaan yang mencolok pada parameter kekerasan arah radial, dimana pohon A yang lebih tua mempunyai nilai yang lebih tinggi. Pada kekerasan arah tangensial, kecenderungannya mirip dengan kerapatan/berat jenis kayunya, dimana tidak ada perbedaan yang lebar. Nilai kekerasan tengkawang ini juga masih di bawah ramin dan sengon.

**Tabel 1.** Sifat fisika dan mekanika kayu tengkawang

Parameter	Kisaran nilai		Rerata	Ramin <sup>a</sup>	Sengon <sup>b</sup>
	Pohon A	Pohon B			
Berat jenis	0,21-0,23	0,22-0,25	0,23	0,63	0,33
Penyusutan radial (%)	1,98-2,72	2,28-4,07	2,75	2,6	2,5
Penyusutan tangensial (%)	4,15-5,54	4,69-6,03	4,97	5,8	5,2
Rasio T/R	2,03-2,09	1,48-2,05	1,80	2,23	2,08
Kekerasan arah radial (kg/cm <sup>2</sup> )	59,71-179,14	79,62 - 99,52	102,84	380	222
Kekerasan arah tangensial (kg/cm <sup>2</sup> )	79,62- 149,28	89,57 - 129,38	104,5	303	119

Keterangan : A = Pohon dengan diameter 40 cm      B = Pohon dengan umur di atas 10 tahun

a = Martawijaya et al. 2005; b = Martawijaya et al. 1989

### Sifat pengerjaan kayu

Untuk mengukur kesesuaian kayu tengkawang sebagai bahan mebel, dilakukan uji sifat pengerjaan kayu tengkawang yang disajikan dalam Tabel 2. Dari perbandingan 2 pohon, terdapat beda yang cukup lebar pada parameter penggergajian dan pengetaman. Pohon A, yang diasumsikan pohon tua memiliki rerata cacat penggergajian lebih tinggi tetapi cacat pengetaman lebih rendah dibanding pohon B yang umurnya lebih muda. Pada parameter lainnya, pengeboran, pengampelasan dan pembubutan, nilainya tidaklah jauh berbeda. Secara keseluruhan, dari kisaran nilai tersebut tengkawang termasuk sedang (kelas III) untuk penggergajian, pengetaman dan pengeboran untuk produk mebel. Catatan khusus adalah pembubutan sangat buruk (kelas V) tetapi pengampelasan sangat baik (kelas I). Disebutkan bahwa ramin termasuk mudah dikerjakan baik dengan alat maupun tangan (Martawijaya et al. 2005) sedangkan sengon termasuk mudah digergaji, tetapi hasilnya kurang baik bila dibor

(Martawijaya et al. 1989) dan pembubutan sangat buruk (Ginoga 1995). Adanya persamaan dengan sengon diduga karena ada pengaruh berat jenis yang rendah sehingga diamati beberapa cacat seperti cacat serat terangkat (*raised grain*), cacat serat tercabik (*torn grain*), dan cacat serat berbulu (*fuzzy grain*). Penelitian di sifat anatomi menjadi penting ke depannya untuk menjelaskan fenomena tersebut.

**Tabel 2.** Nilai rata-rata cacat pengerjaan kayu tengkawang (*Shorea macrophylla*) dalam persen (%)

Pohon	Ulangan	Cacat Pengerjaan (%)					Rata-rata
		Penggergajian	Pengetaman	Pengeboran	Pengampelasan	Pembubutan	
A	1	48,33	22,20	45,24	3,00	86,40	39,98
	2	72,50	28,00	40,47	4,67	88,36	46,80
	3	43,34	35,50	30,95	6,00	87,00	42,96
	Rata-rata	54,72	28,57	40,47	4,56	87,25	43,11
B	1	28,34	50,00	42,80	8,00	92,38	48,29
	2	52,50	53,00	42,80	6,60	90,10	49,00
	3	20,00	54,44	42,80	8,60	89,78	43,12
	Rata-rata	36,25	52,48	42,80	7,73	90,75	46,00
Rata-rata total		45,49	40,52	41,64	6,15	89,00	
Kategori/kelas		Sedang/III	Sedang/III	Sedang/III	Sangat baik/I	Sangat buruk/V	

## Pembuatan mebel

Jenis produk yang dibuat dalam penelitian ini adalah jenis mebel rumah tangga (*household furniture*) yaitu meja tempat tidur *Terro Table*. Mebel jenis ini mempunyai dimensi 60 cm x 50 cm x 65 cm yang membutuhkan bahan baku sebanyak 0,034 m<sup>3</sup> kayu tengkawang untuk setiap produknya. Produk tersebut disajikan pada Gambar 2. Secara visual, produk dari pohon tua dan muda berbeda pada kesan dalam warna demikian juga setelah perlakuan finishing. Untuk itu sifat warna diukur untuk mengukur perbedaannya secara kuantitatif yang disajikan di Tabel 3. Pada sifat terlihat bahwa sampel tengkawang tanpa finishing mempunyai warna lebih cerah atau lebih putih dibandingkan ramin, juga nilai kemerahan maupun kekuningan lebih rendah dari kayu ramin. Perbedaan ini lebih terlihat di kayu B yang lebih terang sedangkan nilai L\* di kayu A tanpa finishing lebih mendekati kayu ramin. Melalui proses finishing dengan bahan melamin didapatkan nilai kecerahan dan kekuningan yang menyerupai ramin, sedangkan nilai kemerahan hampir masuk kisaran ramin. Perlu dicoba beberapa alternatif komposisi finishing bahan yang sama atau yang berbeda untuk mendekati ke karakter ramin serta pengujian mutu finishing-nya. Diasumsikan berat jenis rendah dari tengkawang ini memberikan pori-pori yang relatif besar sehingga perlu diantisipasi teknik finishing yang sesuai. Hal yang menguntungkan adalah kadar ekstraktif tengkawang yang relatif rendah (Yunanta et al. 2014).



**Gambar 2.** Tabel terro dari kayu tengkawang (*Shorea macrophylla*) dengan perlakuan *finishing* (kiri) dan tanpa *finishing* (kanan).

**Tabel 3.** Kisaran nilai sifat warna pada sampel furnitur tengkawang

Parameter	Sampel			
	A ( <i>finishing</i> )	B	B ( <i>finishing</i> )	Kontrol (Ramin)
Kecerahan (L*)	60-62	73-74	63-66	61-65
Kemerahan (a*)	6-7	4-5	3-6	9-11
Kekuningan (b*)	19-30	13-15	26-34	20-23

### Kesimpulan

Berdasarkan sifat fisiknya, *S. macrophylla* memiliki berat jenis dan kekerasan yang relatif rendah dengan penyusutan dimensi relatif stabil. Sifat pengerjaan berdasarkan cacat permukaan yang diukur cukup variatif yaitu dari mutu sangat baik ke sangat buruk untuk 5 parameter yang berbeda. Pembuatan *Terro Table* dengan dimensi 60 cm x 50 cm x 65 cm ini membutuhkan bahan baku sebanyak 0,034 m<sup>3</sup> kayu tengkawang untuk setiap produknya. Hasil *finishing* dengan bahan melamin (larut air) menunjukkan nilai warna produk yang mendekati warna kayu ramin khususnya untuk parameter kecerahan (L\*).

### Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dibiayai hibah I-MHERE Fakultas Kehutanan UGM. Penulis mengucapkan terima kasih ke staf PT Sari Bumi Kusuma yang membantu koleksi sampel di lapangan.

### Daftar Pustaka

- Abdurachman AJ, Karnasudirdja S. 1982. Sifat Pemesinan Kayu-Kayu Indonesia. Laporan Balai Penelitian Hasil Hutan, Nomor 160, Bogor.
- ASTM International. 2002. *Annual Book of ASTM Standards*. Section Four Construction Volume 04.10 Wood. Baltimore

- British Standard Institution. 1957. *British Standard 373:1957*. Testing small clear specimens of timber, BSI, London.
- Ginoga B. 1995. Sifat pengerjaan kayu sengon. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 13(4):127-131.
- Martawijaya A , Kartasudjana I, Kadir K, Amongprawira S. 1989. *Atlas Kayu Indonesia Jilid II*. Balai Penelitian Hasil Hutan. Badan Litbang Kehutanan. Bogor, Indonesia.
- Martawijaya A , Kartasudjana I, Kadir K, & Amongprawira S. 2005. *Atlas Kayu Indonesia Jilid I*. Balai Penelitian Hasil Hutan. Badan Litbang Kehutanan. Bogor, Indonesia.
- Yunanta RRR, Lukmandaru G, Fernandes A. 2014. Sifat kimia dari kayu *Shorea retusa*, *Shorea macroptera* dan *Shorea macrophylla*. *Jurnal Penelitian Dipterokarpa* 8:15-25.

## Daftar Peserta MAPEKI

### **Adesna Fatrawana**

Institut Pertanian Bogor,  
Jl Raya Bogor Km. 46 Cibinong Bogor, Bogor  
16911, Indonesia

### **Agus Wahyudi**

Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi  
Serat Tanaman Hutan – Kuok  
Jln. Raya Bangkinang – Kuok km 9, Kotak Pos  
4/BKN Bangkinang 28401 Riau

### **Andi Detti Yunianti**

Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin  
Jl. Perintis Kemerdekaan Km.10. Tamalanrea,  
Makassar

### **Andianto**

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan  
Jl. Gunung Batu No. 5 Bogor 16610

### **Anindya Husnul Hasna**

Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada  
Jl. Agro no 1. Bulaksumur, Yogyakarta  
No telp :0274-550541

### **Anne Hadiyane**

SITH-Institut Teknologi Bandung  
Jl. Ganesha 10 Bandung, Bandung 40132,  
Indonesia

### **Arief Prianto**

Pusat Penelitian Biomaterial LIPI  
Jl. Raya Bogor Km.56.Cibinong

### **Arif Nuryawan**

Fakultas Kehutanan Universitas Sumatera Utara  
Jl.Tri Dharma Ujung No.1 Kampus USU  
Medan, Medan 20355, Indonesia

### **Arinana Arinana**

Departemen Hasil Hutan Fakultas Kehutanan  
Institut Pertanian Bogor

### **Atmawi Darwis**

Institut Teknologi Bandung  
SITH-ITB Jalan Let. Jend. Purn. Dr. (HC)  
Mashudi No. 1, Jatinangor, Kabupaten  
Sumedang, Jawa Barat, Sumedang 45363,  
Indonesia

### **Deded Sarip Nawawi**

Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Fakultas  
Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Kampus  
IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

### **Desi Patandianan**

Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin  
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10. Tamalanrea,  
Makassar

### **Dian Hasanuddin**

Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin  
Bumi Permata Sudiang Blok F8/6 Sudiang  
Makassar, Makassar 90242, Indonesia

### **Djarwanto**

Pusat Penelitian Dan Pengembangan Hutan  
Jl. Gunung Batu No. 5 Bogor 16610

### **Dwi Sukma Rini**

Prodi Kehutanan, Universitas Mataram,, Jl.  
Pendidikan No. 37 Mataram, Mataram 83125,  
Indonesia

### **Efrida Basri**

Pusat Penelitian Dan Pengembangan Hutan  
Jl. Gunung Batu No. 5 Bogor 16610

### **Evalina Herawati**

Universitas Sumatera Utara  
Taman Dramaga Permai I Jl. Pulai Blok A No.  
2A Cihideung Ilir - Ciampea, Bogor 16620,  
Indonesia

### **Evy Wardenaar**

Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura  
Pontianak

### **Febriana Wulandari**

Program Studi Kehutanan Universitas Mataram  
Jl.Pendidikan no.37 Mataram, Kota Mataram  
83125, Indonesia

### **Firda Syamani**

Pusat Penelitian Biomaterial LIPI  
Pusat Penelitian Biomaterial LIPI, Jl. Raya  
Bogor KM 46, Cibinong, Jawa Barat, Cibinong  
16911, Indonesia

**Fitria Susanti**

Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada  
Dk Dowo RT 4 Rw 7, Dusun Sumberagung,  
Kecamatan Ngaringan, Kabupaten Gobogan,  
Jawa Tengah, Grobogan 58193, Indonesia

**Gunawan Pasaribu**

Puslitbang Hasil Hutan  
Jl. Gunung Batu No. 5 Bogor, Bogor 16610,  
Indonesia

**Gusmailina Rasyid**

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil  
Hutan Jl. Gunung Batu. No. 5. Bogor, Bogor  
16610, Indonesia

**Gustan Pari**

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil  
Hutan Jl. Gunung Batu. No. 5. Bogor, Bogor  
16610, Indonesia

**Hanny Oktariani**

Badan Geologi,  
Jl. Diponegoro No. 57 Bandung

**Hardianus**

Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura  
Pontianak  
Jl. A Yani Gang Sepakat 1 Blok G No.01,  
Pontianak 78124, Indonesia

**Herman Siruru**

Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian,  
Universitas Pattimura, Ambon

**Heru Wibisono**

Puslitbang Hasil Hutan  
Jl. Gunung Batu 5, Bogor 16610, Indonesia

**Heru Judi H Gultom**

Institut Teknologi Nasional Bandung  
Jl. P.K.H. Hasan Mustofa No.  
23 Bandung, Jawa Barat 40124

**Herry Palangka Jaya**

Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas  
Palangka Raya  
Jl. Yos Sudarso, Palangka Raya, Kalimantan  
Tengah, Indonesia

**Hesti Tata**

Pusat Penelitian dan Pengembangan  
Hutan, Jalan Gunung Batu 5, Bogor 16610

**Ina Winarni**

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil  
Hutan, Jl. Gunung Batu No. 5, Bogor 16610,  
Telp./Fax. : (0251) 8633378 / 8633413

**Ira Taskirawati**

Fakultas Kehutanan Kampus Unhas Tamalanrea  
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar  
Sulawesi Selatan, Makassar 90245, Indonesia

**Ismail Budiman**

Pusat Penelitian Biomaterial LIPI  
Jl. Raya Bogor km. 46 Cibinong, Bogor,  
Kabupaten Bogor 16911, Indonesia

**Jasni**

Pusat Penelitian Dan Pengembangan  
Hutan Jl. GunungBatu No. 5 Bogor 16610

**Kanti Rizqiani**

Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi  
Serat Tanaman Hutan Jalan Raya Bangkinang  
Kuok Km. 9 Kotak Pos 4/BKN Bangkinang-Riau  
28401, Bangkinang barat 28401, Indonesia

**Karnita Yuniarti**

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil  
Hutan Jl Kedelai No 9 Komplek Perumahan  
IPB 1 Ciheuleut Bogor, Bogor 16143, Indonesia

**Krisna Purnama**

Institut Pertanian Bogor Hasil Hutan Fakultas  
Kehutanan IPB, Bogor 16680, Indonesia

**Kurnia Prasetyo**

Pusat Penelitian Biomaterial LIPI  
Jl Raya Bogor Km. 46 Cibinong Bogor, Bogor  
16911, Indonesia

**Lasino**

Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman  
Jl. Panyawungan - Cileunyi - Bandung,  
Kab. Bandung 40393, Indonesia

**Lenny Mooy**

Politeknik Pertanian Negeri Kupang  
Jl. Kedondong RT 09/ RW 03, Kupang 85361,  
Indonesia

**Listya Dewi**

Puslitbang Hasil Hutan Bogor  
Jl. Gunung Batu No. 5, Bogor 16610, Indonesia

**Makkarennu**

Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin  
Bumi Permata Sudiang Blok F8/6 Sudiang  
Makassar, Makassar 90242, Indonesia

**Maryoko Hadi**

Puskim, Kementerian PUPR  
Jl. Sangkuriang No. 32. Bandung, Bandung  
40135, Indonesia

**Misbahul Jannah**

Mahasiswa, Minat Deteriorasi dan Perbaikan  
Kualitas Kayu, Fakultas Kehutanan,  
Universitas Hasanuddin. Makassar

**Herianto**

Universitas Palangka Raya  
Jl. Menteng 13 No. 9, Palangka Raya 73112,  
Indonesia

**Muflihati**

Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura  
Pontianak  
Jalan Imam Bonjol Pontianak

**Nani Husien**

Laboratorium Informasi dan Biologi Tumbuhan  
Berkayu Fakultas Kehutanan Universitas  
Mulawarman. Jalan Kihajar Dewantara No. 2  
Kampus Gunung Kelua Samarinda

**Naresvara Nircela S.Hut.**

Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah  
Mada, Yogyakarta, 55281, Indonesia

**Nelly Anna**

Fakultas Kehutanan Kampus IPB  
Dramaga Bogor, Bogor 16001, Indonesia

**Nurhaida**

Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura  
Pontianak, Jalan Imam Bonjol Pontianak

**R. Esa Pangersa Gusti**

Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan  
Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan  
Jl. Gunung Batu No.5, Bogor16610

**Ratri Lestari**

Balai Riset dan Standardisasi Industri  
Banjarbaru, Jalan Panglima Batur Barat  
No 2 Banjarbaru Kalimantan Selatan  
70711 Indonesia

**Renhart Jemi**

Jurusan Kehutanan Universitas Palangka Raya,  
Kampus UPR Tunjung Nyaho Jalan Yos  
Sudarso Palangka Raya Kalimantan Tengah,  
Palangka Raya 73112, Indonesia

**Renny Purnawati**

Institut Pertanian Bogor  
Taman Darmaga Permai Blok B2 no 7  
Cihideung Ilir Kec. Ciampea Kab. Bogor,  
Bogor 16620, Indonesia

**Ridwan Yahya**

Jurusan Kehutanan, Universitas Bengkulu Jl.  
WR. Suprtaman II No. 7, Rt 10, Rw 03,  
Kelurahan Bentiring Permai, Muara  
Bangkahulu, Kota Bengkulu, Provinsi  
Bengkulu, Kota Bengkulu 38126, Indonesia

**Rina Bogidarmanti**

Pusat Penelitian Dan Pengembangan  
Hutan Jl. Gunung Batu No. 5 Bogor 16610

**Rina Novia Yanti**

Fakultas Kehutanan, Universitas Lancang  
Kuning Riau dan mahasiswa sekolah  
Pasca Sarjana IPB.

**Riris Wijayanti**

Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan,  
Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680,  
Indonesia

**Rosa Suryantini**

Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura  
Pontianak  
Jalan Imam Bonjol Pontianak, Kalimantan Barat

**Rudi Dungani**

School of Life Sciences and Technology, Institut Teknologi Bandung, Gedung Labtex XI, Jalan Ganesha 10, Bandung 40132, Jawa Barat, Indonesia

**Saefudin**

Puslit Biologi LIPI  
Jl. Jakarta-Bogor Km 46, Jakarta

**Sarah Augustina**

Institut Pertanian Bogor  
Fakultas Kehutanan Kampus IPB Dramaga  
Bogor, Bogor 16001, Indonesia

**Sigit Prabawa**

Balai Penelitian dan Pengembangan  
Lingkungan Hidup dan Kehutanan Kupang  
Jl. Alfons Nisoni 7 B Ku, Kupang  
85115, Indonesia

**Sihati Suprapti**

Pusat Penelitian Dan Pengembangan  
Hutan Jl. Gunung Batu No. 5 Bogor 16610

**Silviani**

Pusat Penelitian Dan Pengembangan  
Hutan Jl. GunungBatu No. 5 Bogor 16610

**Slamet Rifanjani**

Fakultas Kehutanan, Universitas  
Tanjungpura Pontianak

**Sona Suhartana**

Pusat Litbang Hasil Hutan, Kemen LHK, Jl.  
Gunung Batu No. 5 Bogor 16610

**Sri Komarayati**

Puslitbang Hasil Hutan  
Jl. Gunung Batu 5 Bogor, Bogor 16610,  
Indonesia

**Sukadaryati**

Peneliti pada Pusat Litbang Keteknikan  
Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan,  
Jl. Gunung Batu No. 5 Bogor 16610

**Sulastiningsih**

Pusat Penelitian Dan Pengembangan  
Hutan Jl. Gunung Batu No. 5 Bogor 16610

**Surya Sulendra**

Jurusan Kehutanan Fakultas Kehutanan  
Universitas Tanjungpura Pontianak  
Jl. Prof. M.Yamin Gg.Usaha Baru No.38A  
Pontianak

**Syahidah**

Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin,  
Kampus Unhas Tamalanrea, Jl. Perintis  
Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea, Makassar  
90245, Indonesia

**Tani Frisda**

Balai Penelitian Dan Pengembangan  
Perumahan Wilayah I Medan

**Tati Karliati**

SITH Institut Teknologi Bandung  
Jl Ganesha 10 Bandung, Bandung 40132,  
Indonesia

**Tekat Dwi Cahyono**

Universitas Darussalam Ambon  
BTN Manusela Blok C No. 4, Ambon 97128,  
Indonesia

**Wahyudi**

Fakultas Kehutanan, Universitas Papua,  
Manokwari - Papua Barat 98314, Indonesia

**Widya Fatriasari**

Pusat Penelitian Biomaterials, Lembaga Ilmu  
Pengetahuan Indonesia (LIPI)  
Jl Raya Bogor KM 46 Cibinong, Bogor 16911,  
Indonesia

**Yaniyar**

Departemen Hasil Hutan, Fakultas Pertanian  
Bogor IPB, Bogor 16680, Indonesia

**Yeni Aprianis**

Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi  
Serat Tanaman Hutan, Jl. Raya Bangkinang-  
Kuok Km.9 Kotak pos 4/BKN-Riau

**Yetrie Ludang**

Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas  
Palangka Raya  
Jl. Yos Sudarso, Palangka Raya, Kalimantan  
Tengah, Indonesia

**Yuliati Indrayani**

Fakultas Kehutanan, Universitas Tanjungpura  
Jl. Imam Bonjol, Pontianak 78124, Indonesia

**Yulita Junita**

Fakultas Kehutanan, Universitas Tanjungpura  
Komplek Untan, Jl. Karang Blok B no.2,  
Pontianak Tenggara 78124, Indonesia

**Yusran Jusuf**

Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanudin  
Jl. Perintis Kemerdekaan KM X Fakultas  
Kehutanan, Universitas Hasanuddin, Makassar  
90221, Indonesia

**Yusup Amin**

Pusat Penelitian Biomaterial LIPI, Cibinong  
Science Center, Jl. Raya Bogor Km.46,  
Cibinong, Bogor, Cibinong 16911, Indonesia

**Andi Achmad Rizaldy**

Universitas Hasanuddin  
Btn hamzy blok t1 no. 14, Makassar  
90245, Indonesia

**Ariyanti Hamzari**

Universitas Tadulako  
Perumahan Dosen UNTAD Blok C3 No. 3  
Tondo - Palu, Sulawesi Tengah, Palu 94118,  
Indonesia

**Benoni Kewilaa**

Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian,  
Universitas Pattimura  
Jl. Ir Puthena Kampus Poka, Ambon, Maluku,  
Indonesia, 97233,

**Dwi Wahyuni Susinawanti**

Asisten Deputi Bidang Ketahanan Pangan,  
Pertanian, Lingkungan Hidup dan  
Kehutanan-Sekretariat Kabinet RI  
Jalan Veteran No. 17, Gedung III, Lantai  
3, Jakarta 10110

**Hartina Natsir**

Universitas Hasanuddin  
Jln. Sahabat Raya, Makassar 90245, Indonesia

**Hikma Yanti**

Fakultas Kehutanan Universitas  
Tanjungpura Pontianak

**Imam Wahyudi**

Fakultas Kehutanan IPB Kampus  
Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

**Leonard Dantje Liliefna**

Fakultas Pascasarjana IPB  
Jl. Perwira 51, RT 3/RW 6, Desa Babakan  
Kec. Dramaga, Bogor, Bogor 16680, Indonesia

**Lies Indrayanti**

Jurusan Kehutanan Universitas Palangka Raya,  
Kampus UPR Tunjung Nyaho Jalan Yos  
Sudarso Palangka Raya Kalimantan Tengah,  
Palangka Raya 73112, Indonesia

**Muhammad Alif Ghifari**

Universitas Hasanuddin  
Jalan Daeng Ramang, Perumahan Griya Mulya  
Asri blok B no 18, Makassar 90243, Indonesia

**Royda Dara Damanik**

Jurusan Kehutanan Universitas Palangka Raya,  
Kampus UPR Tunjung Nyaho Jalan Yos  
Sudarso Palangka Raya Kalimantan Tengah,  
Palangka Raya 73112, Indonesia

**Sri Asih Handayani**

Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman  
Kampus Gunung Kelua, Samarinda 75123,  
Indonesia

**Victor Leo Nolly Kewilaa**

Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian,  
Universitas Pattimura  
Jl. Ir Puthena Kampus Poka, Ambon, Maluku,  
Indonesia, 97233,

**Hardianus**

Fakultas Kehutanan, Universitas Tanjungpura  
Pontianak, Jalan Imam Bonjol Pontianak

**Krisdianto**

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil  
Hutan, Jl. Gunung Batu No. 5, Bogor 16610.

**Nurul Muhlisah**

Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin  
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10. Tamalanrea,  
Makassar

**Opik Taupik Akbar**

Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi  
Serat Tanaman Hutan, Jl. Raya Bangkinang-  
Kuok Km.9 Kotak pos 4/BKN-Riau

**Y. Suranto**

Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah  
Mada Jl. Agro no 1. Bulaksumur, Yogyakarta  
No telp :0274-550541

**Fanny Hidayati**

Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah  
Mada Jl. Agro no 1. Bulaksumur, Yogyakarta  
No telp :0274-550541

**Rizky Novita**

Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah  
Mada Jl. Agro no 1. Bulaksumur, Yogyakarta  
No telp :0274-550541

**Harry Praptoyo**

Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah  
Mada Jl. Agro no 1. Bulaksumur, Yogyakarta  
No telp :0274-550541

**Joko Sulistyo**

Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah  
Mada Jl. Agro no 1. Bulaksumur, Yogyakarta  
No telp :0274-550541

**Sri Nugroho Marsoem**

Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah  
Mada Jl. Agro no 1. Bulaksumur, Yogyakarta  
No telp :0274-550541

**T.A Prayitno**

Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah  
Mada Jl. Agro no 1. Bulaksumur, Yogyakarta  
No telp :0274-550541

**Yusuf Sudohadi**

Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah  
Mada Jl. Agro no 1. Bulaksumur, Yogyakarta  
No telp :0274-550541

**Tomy Listyanto**

Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah  
Mada Jl. Agro no 1. Bulaksumur, Yogyakarta  
No telp :0274-550541

**Denny Irawati**

Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah  
Mada Jl. Agro no 1. Bulaksumur, Yogyakarta  
No telp :0274-550541

**Rini Pujiarti**

Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah  
Mada Jl. Agro no 1. Bulaksumur, Yogyakarta  
No telp :0274-550541

**Muhammad Navis Rofii**

Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah  
Mada Jl. Agro no 1. Bulaksumur, Yogyakarta  
No telp :0274-550541

**Ragil Widyorini**

Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah  
Mada Jl. Agro no 1. Bulaksumur, Yogyakarta  
No telp :0274-550541

**Oka Karyanto**

Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah  
Mada Jl. Agro no 1. Bulaksumur, Yogyakarta  
No telp :0274-550541

**J.P. Gentur Sutapa**

Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah  
Mada Jl. Agro no 1. Bulaksumur, Yogyakarta  
No telp :0274-550541

**Ganis Lukmandaru**

Department of Forest Product Technology,  
Faculty of Forestry, Universitas Gadjah  
Mada, Jl. Agro No.1, Bulaksumur,  
Yogyakarta 55281, Indonesia.

**Sigit Sunarta**

Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah  
Mada Jl. Agro no 1. Bulaksumur, Yogyakarta  
No telp :0274-550541

**Widyanto Dwi Nugroho**

Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah  
Mada Jl. Agro no 1. Bulaksumur, Yogyakarta  
No telp :0274-550541

**Annisa Primaningtyas**

Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah  
Mada Jl. Agro no 1. Bulaksumur, Yogyakarta  
No telp :0274-550541

## Indeks Penulis

### A

Akbar, Opik Taufik  
Aprianis, Yeni

### B

Bahtiar, Effendi Tri  
Bahtiar, Gina

### G

Gracia, Helmi  
Gusmailinia  
Gusti, R. Esa Pangersa

### K

Karlinasari, Lina

### L

Lasino  
Lestari, Eka  
Lestari, Ratri Yuli  
Listyanto, Tomy

### M

Novinci Muharani  
Marsono, Djoko

### T

Taskirawati, Ira

### Y

Yaniyar  
Yuniarti, Karnita  
Yuniawati  
Yusran

### D

Dalle, Rahmat Husain  
Damanik, Royd D. E.  
Djarwanto

### E

Erwin

### F

Fatriasari, Widya  
Fauzielly, Lili

### N

Nugroho, Nareworo  
Nihayato Ellis

### O

Oktariani, Hanny

### P

Platt, Shawn L  
Prabawa, I Dewa G. P.  
Prabawa, Sigit Baktya  
Prabowo, Suryo  
Prasetiyo, Kurnia Wiji  
Pratomo, Bagas  
Ikhsan Prayitno, T.  
A. Priadi,  
Prayogo, Cahyo

### H

Herianto

### I

Indrayanti, Lies  
Irawati, Denny

### J

Jannah, Misbahul  
Jaojah  
Jemi, Renhart

### S

Sadiyo, Sucahyo  
Sinatrya, Aditya D  
Sukadaryati  
Suprapti, Sihati  
Suranto, Yustinus  
Sutapa, J. Pramana Gentur  
Syamani, Firda Aulya

### Z

Zulkarnaen Kusumna



ISBN 978-979-3178-15-8



9 789793 117815 8

**Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada  
Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia**