

STUDI KOMPONEN KIMIA KAYU *Eucalyptus pellita* F. Muell DARI POHON PLUS HASIL UJI KETURUNAN GENERASI KEDUA DI WONOGIRI, JAWA TENGAH**SITI FATIMAH^{1*}, MUDJI SUSANTO², & GANIS LUKMANDARU¹**¹Bagian Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada*Email: siti.fatimah09fkt@yahoo.com²Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan Yogyakarta**ABSTRACT**

Eucalyptus pellita F. Muell (*E. pellita*) is one of the fast growing species, which is being developed through tree breeding program. The development of this species had produced good results in the genetic growth characteristics in the first and second generation of progeny trials. The objectives of this research were determining the variation of wood chemical components, clustering and rating the plus trees to support the development program in next generation of the progeny trial, especially in pulp and paper purposes. The materials were the 61 plus trees of *E. pellita* trees 9-years-old from second generation of progeny trial, Wonogiri in six different provenances. The sampling used the increment borer system at 90 cm from the surface. Materials from the increment borer were milled to 40 - 60 mesh of wood powder. The wood chemical properties were tested according to ASTM standards. It included ethanol-toluene and hot-water solubles by sequential extraction as well as holocellulose, alpha-cellulose and lignin contents. Data analysis used descriptive and clustering analysis. The results showed that the range values of ethanol-toluene extractives and hot water content respectively were 1.87 - 10.92 % and 0.64 - 10.00 %. The range values of holocellulose, alpha-cellulose and lignin contents were 72.89 - 79.91 %, 41.84 - 54.85 % and 22.12 - 36.61 %, respectively. The high values of coefficient of variation were observed in extractive content levels (30,78 - 82,91 %). Based on the simple rating, which was resulted from descriptive and cluster analysis, it gave the best 13 individuals of plus trees for pulp and paper purposes.

Keywords: *Eucalyptus pellita*, wood chemistry, cellulose, cluster analysis, tree selection.

INTISARI

Eucalyptus pellita F. Muell (*E. pellita*) merupakan salah satu jenis tanaman cepat tumbuh yang sedang dikembangkan melalui program pemuliaan. Pengembangan jenis ini sudah memberikan hasil yang cukup memuaskan dari sifat pertumbuhan genetika pada uji keturunan generasi pertama dan kedua. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan kimia kayu, mengelompokkan dan memeringkatkan pohon plus berdasarkan komponen kimia untuk mendukung program pengembangan uji keturunan generasi berikutnya, khususnya kayu untuk pulp dan kertas. Bahan yang digunakan adalah sampel yang berasal dari 61 pohon plus *E. pellita* umur 9 tahun yang ditanam di uji keturunan generasi kedua Wonogiri dan berasal dari 6 provenan berbeda. Pengambilan sampel dilakukan dengan sistem bor riap pada pangkal pohon setinggi 90 cm dari permukaan tanah. Hasil bor riap digiling hingga diperoleh serbuk kayu dengan ukuran 40-60 mesh. Pengujian sifat kimia kayu mengacu pada standar ASTM. Pengujian tersebut mencakup kadar ekstraktif etanol-toluena dan air panas melalui ekstraksi berurutan, kemudian kadar holoselulosa, alfa-selulosa dan lignin. Analisis data menggunakan analisis deskriptif dan gerombol. Hasil analisis menunjukkan kisaran kadar ekstraktif etanol-toluena dan air panas secara berurutan adalah 1,87 - 10,92 % dan 0,64 - 10,00 %. Kisaran kadar holoselulosa, alfa-selulosa dan lignin adalah 72,89 - 79,91 %, 41,84 - 54,85 % dan 22,12 - 36,61% secara

berurutan. Koefisien variasi yang tinggi diamati pada parameter kadar ekstraktif (30,78 - 82,91 %). Berdasarkan hasil pemeringkatan sederhana yang dilakukan melalui analisis deskriptif dan gerombol diperoleh 13 individu pohon plus terbaik sebagai bahan baku pulp.

Katakunci: *Eucalyptus pellita*, kimia kayu, selulosa, analisis gerombol, seleksi pohon.

PENDAHULUAN

Jenis *E. pellita* merupakan salah satu jenis tanaman yang diprioritaskan untuk hutan tanaman industri dan berpotensi sebagai jenis alternatif pengganti *Acacia mangium* yang pada saat ini banyak mengalami kematian akibat serangan jamur akar (*root rot disease*) di daerah tropika (Lee, 1993). Jenis ini mempunyai kemampuan adaptasi yang tinggi dan tumbuh cepat, berbatang tunggal, batang lurus, bebas cabang tinggi serta tahan terhadap hama dan penyakit (Pudjiono dan Baskorowati, 2012).

Untuk meningkatkan ketersediaan benih unggul dan memaksimalkan produktivitas hutan tanaman, pada tahun 1994, Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan (BBPBPTH) membangun kebun benih semai *E. pellita* uji keturunan generasi pertama di Sumatera dan Kalimantan. Menurut Leksono dan Setyaji (2004), hasil uji keturunan generasi pertama tersebut memberikan hasil pertumbuhan yang lebih memuaskan jika dibandingkan *E. pellita* yang tumbuh di Australia, Brazil, Filipina, Vietnam dan negara-negara tropis serta subtropis lainnya. Hal ini menguntungkan HTI karena dapat menghasilkan riap yang tinggi sehingga bisa menjamin ketersediaan bahan baku kayu secara berkelanjutan untuk industri pulp dan kertas. Program penelitian selanjutnya diteruskan dengan pembangunan uji keturunan generasi kedua mulai tahun 2003 di Kalimantan Selatan dan Riau. Hasil penelitian pada generasi kedua menurut Leksono *et al.* (2008), menunjukkan

adanya peningkatan genetik dari populasi terseleksi terhadap populasi tidak terseleksi. Dengan adanya *trend* peningkatan genetik terhadap sifat pertumbuhan *E. pellita* diharapkan individu-individu yang sudah terpilih sebagai pohon plus dari jenis ini dapat menurunkan sifat genotip yang baik kepada keturunannya.

Penilaian individu-individu pohon plus tersebut tidak terbatas hanya pada sifat genotip pertumbuhan, tetapi juga sifat kayu yang berpengaruh untuk kualitas pulp dan kertas sebagai tindak lanjut dalam pembangunan uji keturunan generasi ketiga. Menurut Henriksson *et al.* (2009), sifat-sifat kayu yang berpengaruh dalam produksi pulp dan kertas adalah sifat fisika (berat jenis), sifat anatomi dan dimensi serat (panjang serat, tebal dinding sel, persentase serabut, jari-jari dan parenkim), serta sifat kimia kayu (kandungan selulosa, kandungan ekstraktif dan kandungan lignin). Hingga saat ini penelitian mengenai uji kualitas *E. pellita* untuk sifat dasar kayu sudah dikembangkan oleh beberapa negara, seperti China (Qi *et al.*, 2009; Bo-yong *et al.*, 2011), Brazil (Igarza *et al.*, 2006; Pouble *et al.*, 2011), dan Indonesia (Susilawati dan Fujisawa, 2002; Susilawati dan Marsoem, 2006), akan tetapi untuk sifat kimia kayu dan kualitas pulp-kertasnya masih sangat terbatas, khususnya yang berasal dari hasil pemuliaan tanaman.

Penelitian ini ditujukan untuk memberikan informasi tambahan mengenai kandungan ekstraktif, selulosa dan lignin pada kayu pohon plus *E. pellita*

yang berasal dari 6 provenan berbeda. Selain itu, penelitian ini juga ditujukan untuk memilih individu-individu pohon plus terbaik dari 61 pohon plus yang tersedia berdasarkan sifat kimia kayunya melalui metode pemeringkatan. Data penelitian ini nantinya diharapkan bisa digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk mendukung program penelitian lanjutan yakni uji keturunan generasi ketiga.

BAHAN DAN METODE

Deskripsi contoh uji

Uji keturunan generasi kedua *E. pellita* dibangun di Wonogiri, Jawa Tengah. Secara geografis, tapak uji keturunan terletak pada 07°32' Lintang Selatan dan 110°41' Bujur Timur dengan ketinggian tempat 141 m dpl. Uji keturunan *E. pellita* ini dibangun dengan menggunakan desain RCBD (*Randomized Complete Block Design*) sebanyak 60 famili dengan 5 ulangan di setiap blok (6 blok).

Uji keturunan generasi kedua ini merupakan keturunan pohon induk yang berasal dari uji keturunan generasi pertama dari provenan Papua New Guinea dan Indonesia. Pohon-pohon induk yang diuji adalah pohon-pohon induk yang memiliki ranking nilai pemuliaan terbaik. Benih dari pohon induk tersebut merupakan hasil perkawinan terbuka (bebas) pada uji keturunan generasi pertama. Contoh uji yang digunakan berasal dari 61 pohon plus *E. pellita* terpilih berumur 9 tahun. Jumlah pohon plus yang diuji sifat kimia kayunya pada setiap provenannya berbeda-beda. Jumlah sampel uji keturunan *E. pellita* berdasarkan provenannya dipaparkan pada Tabel 1.

Penyiapan bahan

Contoh uji (sampel) diambil dari setiap bagian pangkal pohon plus (diameter 19,73-30,24 cm) setinggi 90 cm dari permukaan tanah. Pengambilan

Tabel 1. Sampel uji keturunan berdasarkan provenan

No	Provenan	Jumlah Sampel
1	Bupul-Muting, Irian Jaya	1
2	Keru To Nata, Papua Barat	3
3	Muting, Merauke, Irian Jaya	7
4	Kiriwo Utara, Papua Barat	18
5	Desa Serisa, Papua Barat	23
6	Kiriwo Selatan, Papua Barat	9
Total		61

dilakukan dengan metode bor riap (diameter 0,5 cm) di kedua sisi jari-jari yang berlawanan pada pohon hidup (Maeglin, 1979). Hasil bor riap ($\pm 2-3$ gram) tersebut kemudian dihaluskan hingga berukuran 40-60 mesh.

Penentuan kadar ekstraktif

Serbuk kayu setara 1 g berat kering tanur diekstrak dengan pelarut etanol-toluena (2:1, v/v) menggunakan ASTM D 1107-96 (2002) yang dimodifikasi dengan metode Jayme-Wise (Macfarlane *et al.*, 1999) kemudian dilanjutkan dengan ekstraksi air panas (ASTM D 1110-80, 2002). Ekstraksi dengan soxhlet dilakukan selama 6 jam, sedangkan ekstraksi dengan air panas dilakukan selama 3 jam. Ekstrak yang diperoleh kemudian dikeringkan dan ditimbang untuk dihitung rendemennya berdasarkan berat serbuk awal.

Penentuan kadar holoselulosa, alfa-selulosa dan lignin

Pengujian kadar holoselulosa dilakukan pada serbuk kayu bebas ekstraktif sebanyak 0,7 g melalui metode modifikasi asam klorit (Browning, 1967). Kadar alfa-selulosa diperoleh dari residu holoselulosa yang dilarutkan dengan NaOH 17,5 % (ASTM D1103-60, 1985). Kadar lignin ditentukan menggunakan standar ASTM D 1106-96 (2002) yang sudah dimodifikasi (Duret *et al.*, 2013), yakni dengan melarutkan serbuk bebas ekstraktif sebanyak

0,1 g berat kering tanur dengan asam sulfat 72 %. Berat kadar holoselulosa, alfa-selulosa dan lignin dihitung berdasarkan berat kering tanur serbuk bebas ekstraktif.

Analisis data

Disebabkan oleh jumlah sampel serbuk yang terbatas serta perbedaan data-data di luar garis kecenderungan, beberapa parameter tidak sama unit pengukurannya. Jumlah sampel yang diteliti berdasarkan parameter pengujian dapat dilihat pada Tabel 2. Analisis data yang digunakan adalah statistik deskriptif dan gerombol (*cluster*). Parameter pengujian yang digunakan dalam analisis deskriptif adalah kadar ekstraktif larut dalam etanol-toluena, kadar ekstraktif larut dalam air panas, kadar holoselulosa, kadar alfa-selulosa dan kadar lignin. Pemeringkatan dilakukan dengan menghitung jumlah parameter dengan sifat kimia yang paling menguntungkan dalam 50 % populasi untuk tujuan pulp dan kertas dengan prioritas kadar alfa -selulosa, lignin, holoselulosa, ekstraktif etanol-toluena, dan ekstraktif air panas secara berurutan. Analisis gerombol dilakukan dengan mencari hubungan diantara parameter pengujian dari semua contoh uji. Untuk analisis gerombol, digunakan *Agglomerative Hierarchical Clustering* (AHC) yang dihitung dengan menggunakan *squared euclidean distance* berdasarkan metode jarak rata-rata setiap pasangan data (*avarage linkage*). Pemeringkatan didasarkan pada kelompok terbaik dan dinilai sifat kimia dengan prioritas parameternya dengan urutan kadar alfa-selulosa, kadar lignin, kadar ekstraktif etanol-toluena dan kadar ekstraktif air panas. Program analisis data yang digunakan adalah Microsoft Office Excel 2007 dan SPSS versi 16.0.

Tabel 2. Jumlah sampel yang digunakan dalam pengujian sifat kimia *E. pellita*

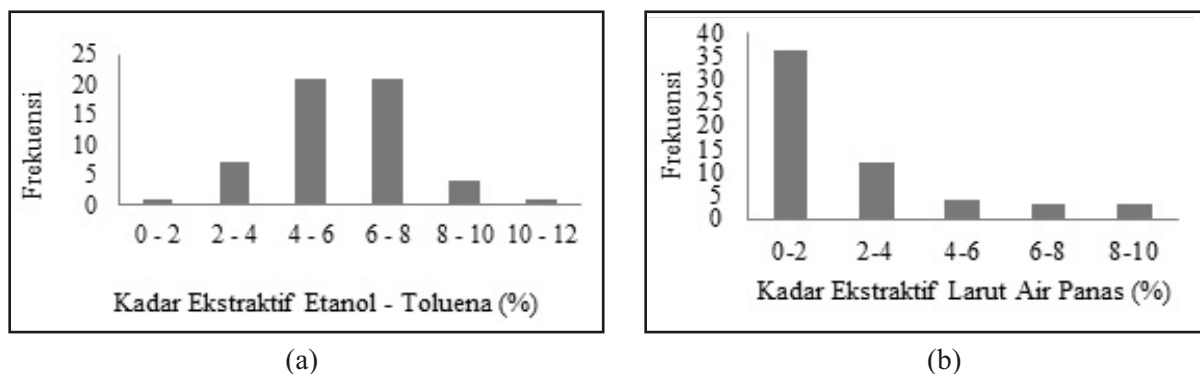
Provenan	Parameter Pengujian				
	KEET	KEAP	HS	AS	L
Bupul – Muting	1	1	1	1	0
Desa Serisa	21	22	15	22	12
Keru To Nata	3	3	1	3	3
Kiriwo Selatan	9	9	3	8	7
Kiriwo Utara	16	17	9	15	12
Muting	5	6	5	6	5
Jumlah	55	58	34	55	39

Keterangan:
KEET = Kadar ekstraktif Etanol Toluena; KEAP = Kadar Ekstraktif Air Panas; HS = holoselulosa; AS = alfa-selulosa; L = lignin

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar ekstraktif

Ekstraksi etanol-toluena berfungsi untuk melarutkan senyawa non polar seperti zat lilin, lemak, resin, minyak tanin dan komponen eter lainnya yang terkondensasi, sedangkan ekstraksi air panas berfungsi untuk melarutkan senyawa polar seperti tanin, getah, gula, zat-zat berwarna dan pati yang terdapat pada rongga sel (ASTM, 2002). Pengamatan kadar ekstraktif etanol-toluena dan air panas dapat dilihat pada Gambar 1. Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar ekstraktif etanol-toluena *E. pellita* terdistribusi dalam kurva normal dan sebagian besar individu memiliki kadar ekstraktif larut dalam etanol toluena berkisar antara 4-8 %, dengan rerata keseluruhan sebesar $5,87 \pm 1,80$ % dan koefisien variasi sebesar 30,8 %, sedangkan kadar ekstraktif larut dalam air panas pada *E. pellita* terdistribusi tidak merata dengan kurva condong ke kiri dan frekuensi individu tertinggi berkisar 1-2 % dengan rerata keseluruhan sebesar $2,57 \pm 2,13$ % dan koefisien variasi sebesar 82,9 %. Kadar ekstraktif larut dalam air panas pada penelitian ini memang lebih rendah bila dibandingkan dengan yang larut dalam etanol-toluena. Hal ini menandakan bahwa



Gambar 1. Grafik frekuensi sebaran sampel pada kadar ekstraktif terlarut etanol-toluena (a) dan air panas (b) kayu *E.pellita*

komponen gula *E. pellita* relatif rendah dalam komposisi ekstraktifnya. Pada umumnya kayu memang tidak banyak mengandung senyawa-senyawa yang larut dalam air meskipun memiliki jumlah yang tinggi seperti tanin dan arabinogalaktan yang terdapat pada beberapa spesies (Sjostrom, 1995). Namun secara teoritis, zat tanin atau pewarna yang terkandung di dalam kayu juga bisa diekstraksi menggunakan etanol-toluena.

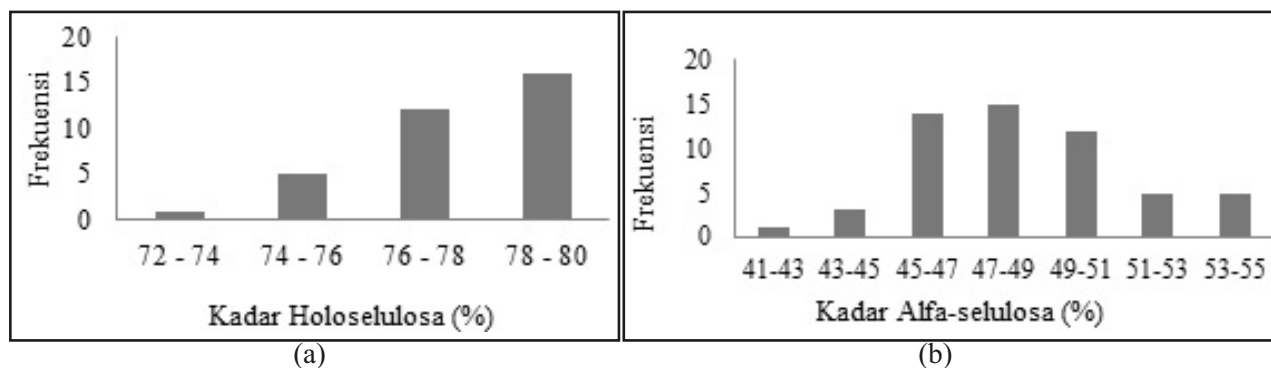
Hasil perhitungan kadar ekstraktif etanol-toluena pada penelitian ini sedikit lebih tinggi namun tidak berbeda jauh dengan ekstraktif *E. pellita* klon dan 5 jenis *Eucalyptus* lainnya asal Brazil (Oliveira *et al.*, 2010; Pereira *et al.*, 2012) serta *E. globulus* dari Uruguay (Resquin *et al.*, 2006) dengan kisaran ekstraktif etanol toluena 3,8-5 %. Hasil penelitian ini juga jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan *E. pellita* asal Pinar del Rio (Igarza *et al.*, 2006) dan 5 jenis *Eucalyptus* lain yang berasal dari India (Dutt dan Tyagi, 2011) dengan kisaran ekstraktif etanol-toluena 6,19-13,22 %. Sementara itu, hasil perhitungan kadar ekstraktif larut dalam air panas pada penelitian ini jauh lebih rendah bila dibandingkan dengan *E. pellita* asal Pinar del Rio, Brazil (Igarza *et al.*, 2006) yang memiliki kadar ekstraktif air panas 13,96 %. Perbedaan nilai tersebut diduga karena adanya perbedaan proses ekstraksi, dimana proses ekstraksi yang dilakukan oleh Igarza

et al. (2006) tidak menggunakan metode ekstraksi bertingkat. Meskipun demikian, terdapat 9 individu yang mempunyai kadar ekstraktif air panas yang tinggi dalam penelitian ini (> 5 %).

Jika dijumlahkan, maka kadar ekstraktif *E. pellita* berada pada kisaran antara 3,60 % hingga 16,40 % dengan rerata $8,57 \pm 2,86$ %. Apabila dibandingkan dengan kadar ekstraktif total *E. pellita* asal Brazil (Oliveira *et al.*, 2010), maka kadar ekstraktif total *E. pellita* pada penelitian ini jauh lebih tinggi, tetapi lebih rendah jika dibandingkan dengan kadar ekstraktif total pada 4 jenis *Eucalyptus* Australia dengan kisaran kadar ekstraktif 17,5-25,2 %. Adanya variasi kadar ekstraktif pada *E. pellita* dan beberapa jenis *Eucalyptus* lain dari beberapa negara, kemungkinan disebabkan karena perbedaan jenis, tempat tumbuh, iklim, dan umur. Selain itu kadar dan komposisi ekstraktif juga dapat berubah-ubah diantara spesies kayu (Fengel dan Wegener, 1995).

Kadar holoselulosa dan alfa-selulosa

Pengamatan kadar holoselulosa dan alfa-selulosa kayu *E. pellita* dapat dilihat pada Gambar 2. Pada grafik terlihat bahwa kadar holoselulosa *E. pellita* terdistribusi tidak merata dengan grafik condong ke kanan dengan rerata kadar holoselulosa $77,60 \pm 1,70$ % dan koefisien variasi 2,16 %. Kadar alfa-selulosa terdistribusi dalam kurva normal dengan frekuensi tertinggi antara 45-51 % dengan rerata keseluruhan



Gambar 2. Grafik frekuensi sebaran sampel pada kadar holoselulosa (a) dan alfa-selulosa (b) kayu *E.pellita*

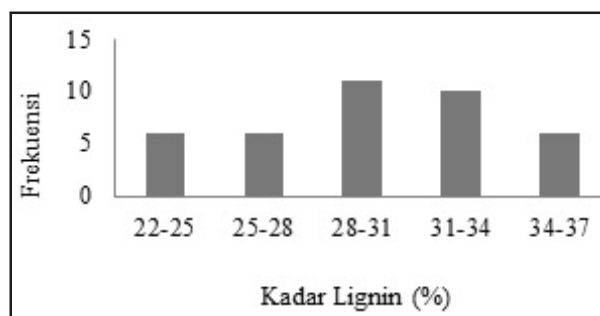
sebesar $48,45 \pm 2,78$ % dan koefisien variasi 5,74 %. Koefisien variasi kadar holoselulosa maupun alfa-selulosa ini relatif lebih rendah daripada kadar ekstraktifnya. Hal ini mengindikasikan lebih mudahnya dalam seleksi pohon pada program pemuliaan.

Secara teoritis, selisih nilai antara kadar holoselulosa dan alfa-selulosa disebut sebagai kadar hemiselulosa. Dari hasil perhitungan diperoleh kadar hemiselulosa *E. pellita* berkisar antara 27,62- 37,63 %. *E. pellita* pada penelitian ini mempunyai kadar holoselulosa dan hemiselulosa yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan *E. pellita* dan beberapa jenis *Eucalyptus* lainnya, sedangkan kadar alfa-selulosa *E. pellita* ini hampir sama dengan beberapa jenis *Eucalyptus*, namun lebih rendah dari *Eucalyptus* hibrid yang berasal dari India (Igarza *et al.*, 2006; Resquin *et al.*, 2006; Andrade *et al.*, 2010; Oliveira *et al.*, 2010; Dutt dan Tyagi, 2011; Pereira *et al.*, 2012).

Kadar lignin

Pengamatan kadar lignin dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil analisis menunjukkan bahwa distribusi kadar lignin *E. pellita* cenderung menyerupai kadar alfa-selulosa yang condong ke kanan dengan rerata $29,82 \pm 4,07$ % dan koefisien variasi 13,64 %. Rendahnya koefisien variasi mengindikasikan keragaman kandungan lignin seluruh individu cukup rendah.

Jika dibandingkan dengan kandungan lignin *E. pellita* yang tumbuh di Brazil, kandungan lignin *E. pellita* pada penelitian ini ternyata tidak berbeda jauh dengan beberapa jenis *Eucalyptus*, namun ada beberapa jenis yang mempunyai kadar lignin yang rendah seperti *E.globulus* dari Uruguay, *E.urophylla* dan *E. hybrid* dari India, bahkan ada juga yang memiliki kadar lignin yang lebih tinggi seperti *E. camaldulensis* dari India (Igarza *et al.*, 2006; Resquin *et al.*, 2006; Andrade *et al.*, 2010; Oliveira *et al.*, 2010; Dutt dan Tyagi, 2011; Pereira *et al.*, 2012).



Gambar 3. Grafik frekuensi sebaran sampel pada kadar lignin kayu *E.pellita*

Eucalyptus pellita sebagai bahan baku pulp dan kertas

Hasil penelitian *E. pellita* pada sifat kadar ekstraktif etanol-toluena ($K_v = 30,78$ %) dan air panas ($K_v = 82,91$ %) menunjukkan koefisien variasi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan koefisien variasi pada komponen dinding sel seperti

holoselulosa ($K_v = 2,19\%$), alfa-selulosa ($K_v = 5,73\%$) dan lignin ($K_v = 13,64\%$). Jika dibandingkan dengan koefisien variasi sifat kimia (ekstraktif, holoselulosa dan lignin) pada 6 jenis *Eucalyptus* lainnya (Pereira *et al.*, 2012), maka koefisien variasi ekstraktif dan holoselulosa pada *E. pellita* lebih tinggi, tetapi pada lignin lebih rendah.

Jika dibandingkan dengan koefisien variasi panjang serat dan sifat fisika kayu *E. pellita* (Susilawati dan Marsoem, 2006), maka komponen dinding sel *E. pellita* pada penelitian ini memiliki koefisien variasi yang lebih rendah. Begitu juga halnya dengan sifat fisika kayu *E. globulus* (Santos *et al.*, 2008) yang memiliki koefisien variasi yang lebih tinggi dibandingkan koefisien variasi komponen dinding sel *E. pellita* pada penelitian ini.

Berdasarkan kategori komponen kimia kayu daun lebar (*hardwood*) di Indonesia menurut Direktorat Jenderal Kehutanan (1976), kadar ekstraktif, holoselulosa, alfa-selulosa dan hemiselulosa *E. pellita* pada penelitian ini termasuk dalam kelas tinggi, sedangkan kadar lignin termasuk dalam kategori sedang. Jika dibandingkan dengan jenis *E. pellita* dan *Eucalyptus* lainnya, kadar holoselulosa pada penelitian ini termasuk dalam kategori tinggi, sedangkan kadar ekstraktif, alfa-selulosa, hemiselulosa dan lignin masih termasuk dalam kisaran rata-rata. Sementara itu, jika dibandingkan dengan jenis *Acacia mangium* pada beberapa jenis umur (6, 7, 10 dan 12 tahun) di Riau (Siagian *et al.*, 1999), kadar lignin *E. pellita* pada penelitian ini lebih tinggi daripada *A. mangium* pada penelitian tersebut (20,99-27,06%), meskipun komponen kimia lainnya memiliki kandungan yang tidak jauh berbeda.

Kadar ekstraktif pada *E. pellita* baik yang larut dalam etanol-toluena maupun air panas mempunyai kisaran variasi yang tinggi yakni 1-10%. Secara keseluruhan, kadar ekstraktif yang larut dalam air

panas pada seluruh individu dominan berada pada kisaran 1-2% sehingga diasumsikan pengaruhnya relatif sedikit dalam pembuatan pulp dan kertas (Hillis, 1962). Sementara itu kadar ekstraktif yang larut dalam etanol-toluena memiliki kisaran yang tinggi, hal ini perlu diperhatikan dan akan lebih baik jika penelitian selanjutnya difokuskan pada ekstraktif non polar yang memang dapat mengganggu proses pembuatan pulp dan kertas. Hingga saat ini, belum diketahui komponen-komponen ekstraktif non polar beserta persentasenya pada *E. pellita*. Sebagai contoh pada proses kraft, jenis senyawa ekstraktif yang teridentifikasi mengganggu biasanya berupa asam resin, asam lemak, terpen netral, terpenoid dan sterol (Morck *et al.*, 2000).

Kandungan lignin *E. pellita* pada penelitian ini termasuk dalam kategori sedang dengan kadar holoselulosa dan hemiselulosa yang lebih tinggi dibandingkan jenis *Eucalyptus* lain. Tingginya kadar holoselulosa dan hemiselulosa pada *E. pellita* ini menguntungkan karena diduga dapat menghasilkan rendemen yang tinggi (Fengel dan Wegener, 1995). Penelitian ini perlu dilanjutkan hingga mengetahui kualitas pulp yang dihasilkan dari seleksi pohon.

Seleksi individu berdasarkan analisis deskriptif

Hasil analisis deskriptif di setiap parameter diperoleh dari sekitar 50% individu yang memiliki komponen kimia paling baik untuk dijadikan sebagai bahan baku pulp dan kertas. Secara sederhana, individu-individu ini dipilih berdasarkan atas jumlah parameter yang masuk pada peringkat terbaik dan prioritas parameter (Tabel 3). Diketahui bahwa beberapa dari individu terbaik umumnya memiliki peringkat maksimal pada 4 parameter. Individu terbaik tersebut berada pada posisi peringkat 4 teratas. Meskipun kadar alfa-selulosa menjadi parameter prioritas utama dalam pemilihan

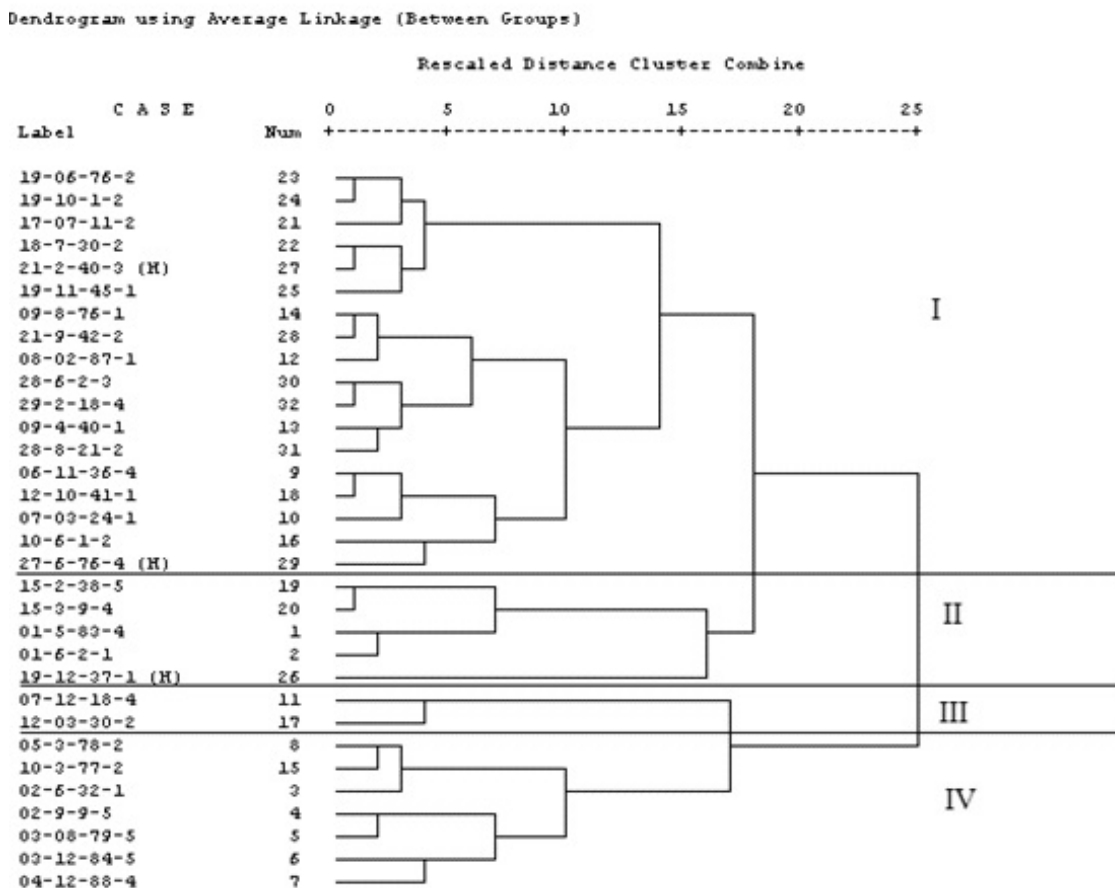
Tabel 3. Individu terbaik berdasarkan analisis deskriptif seluruh parameter

Ranking	Kode Sampel	Asal Benih	Peringkat dalam parameter				
			AS	L	HS	KEET	KEAP
1	29-2-18-4	Kiriwo Utara, Papua Barat	14	12	3	x	16
2	30-2-28-2	Kiriwo Utara, Papua Barat	20	-	1	17	20
3	21-9-42-2	Desa Serisa, Papua Barat	21	14	-	5	15
4	15-3-9-4	Kiriwo Selatan, Papua Barat	25	x	12	3	7
5	19-10-1-2	Kiriwo Selatan, Papua Barat	3	x	-	15	8
6	19-11-45-1	Desa Serisa, Papua Barat	8	x	-	18	11
7	28-6-2-3	Kiriwo Selatan, Papua Barat	9	10	-	x	9
8	30-4-39-2	Desa Serisa, Papua Barat	10	-	-	12	18
9	09-8-76-1	Keru To Nata, Papua Barat	13	18	-	1	x
10	07-12-18-4	Kiriwo Utara, Papua Barat	15	1	-	14	x
11	26-8-18-2	Kiriwo Utara, Papua Barat	18	x	11	-	27
12	04-12-88-4	Muting, Merauke, Irian Jaya	22	9	x	22	x
13	13-7-36-5	Desa Serisa, Papua Barat	23	-	x	2	10
14	30-7-43-4	Desa Serisa, Papua Barat	26	-	14	x	5
15	17-06-1-3	Kiriwo Selatan, Papua Barat	28	x	-	25	13
16	04-11-45-1	Desa Serisa, Papua Barat	x	2	9	19	-
17	09-4-40-1	Desa Serisa, Papua Barat	x	8	7	16	x
18	05-3-78-2	Desa Serisa, Papua Barat	x	13	15	26	x
19	08-10-77-1	Kiriwo Utara, Papua Barat	-	15	-	20	28
20	10-3-77-2	Kiriwo Utara, Papua Barat	x	19	8	24	x
21	15-2-38-5	Desa Serisa, Papua Barat	x	x	6	11	29
22	29-7-78-4 (H)	Desa Serisa, Papua Barat	x	x	16	23	30
23	21-2-40-3 (H)	Desa Serisa, Papua Barat	2	x	-	x	26
24	19-06-76-2	Keru To Nata, Papua Barat	4	x	-	27	x
25	28-8-21-2	Kiriwo Utara, Papua Barat	16	11	-	x	x
26	08-02-87-1	Muting, Merauke, Irian Jaya	24	x	-	10	x
27	01-5-83-4	Muting, Merauke, Irian Jaya	27	x	17	x	x
28	03-12-84-5	Muting, Merauke, Irian Jaya	x	7	x	7	x
29	27-6-76-4 (H)	Keru To Nata, Papua Barat	x	x	2	x	21
30	13-5-83-4	Muting, Merauke, Irian Jaya	x	-	x	13	25

Ket : AS = Alfa-selulosa; L = Lignin; HS = holoselulosa; KEET = Ekstraktif etanol-toluena; KEAP = Ekstraktif air panas; x = tidak termasuk dalam peringkat; - = tidak ada data (*outlier*)

peringkat, terlihat bahwa peringkat pertama hanya memiliki kadar alfa-selulosa dengan peringkat 14. Di lain pihak, peringkat alfa-selulosa terbaik (peringkat 2) dalam tabel masuk ke dalam peringkat 23. Contoh uji tersebut memiliki kadar alfa-selulosa yang paling tinggi diantara 30 individu lain, individu ini hanya memiliki peringkat pada 2 parameter yaitu kadar

alfa-selulosa dan kadar ekstraktif air panas. Selain itu, peringkat terbawah (peringkat 30) hanya memiliki peringkat pada 2 parameter yaitu kadar ekstraktif larut etanol-toluena dan ekstraktif air panas.



Gambar 4. Analisis gerombol kayu *E. pellita* (n=32)

Seleksi individu berdasarkan analisis gerombol

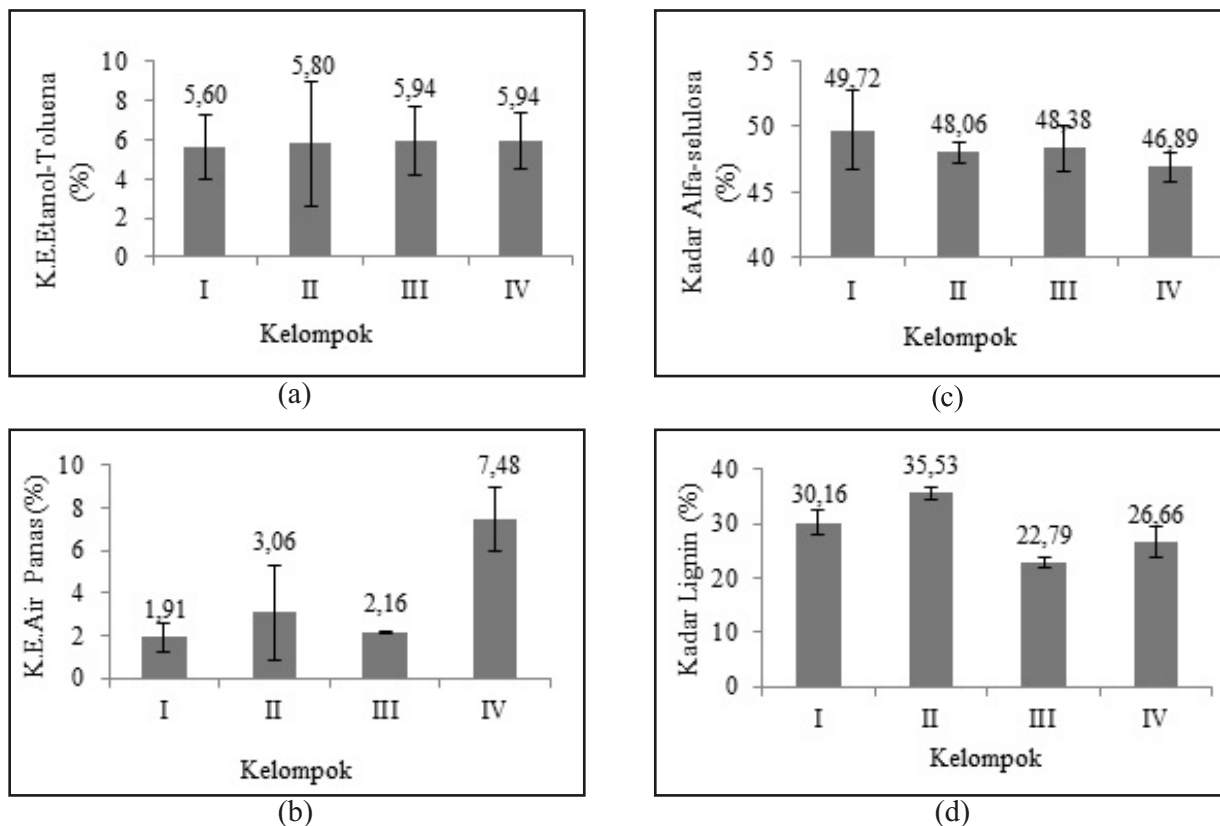
Hasil analisis gerombol dari 32 individu ditunjukkan melalui dendrogram yang terlihat pada Gambar 4. Dari analisis gerombol tersebut diperoleh 4 kelompok yang memiliki komponen sifat kimia berbeda-beda. Komponen sifat kimia dari 4 parameter yakni kadar ekstraktif etanol-toluena, kadar ekstraktif air panas, kadar alfa-selulosa dan kadar lignin pada masing-masing kelompok dapat dilihat pada Gambar 5. Kadar holoselulosa tidak dimasukkan ke dalam parameter karena ber-autokorelasi dengan kadar lignin.

Dari 4 parameter yang dibandingkan dari 4 kelompok tersebut terdapat pola yang berbeda. Hal ini lebih terlihat pada parameter kadar ekstraktif air panas dimana kelompok IV memiliki kadar ekstraktif air panas yang paling tinggi (7,48 %). Selain itu pada

kadar lignin, terdapat dua kelompok di atas 30 % (I dan II) dan dua kelompok lainnya di bawah 30 % (III dan IV). Berdasarkan hasil analisis gerombol tersebut, terpilih 2 kelompok besar (I-III) yang tersusun atas individu-individu terbaik (n = 20).

Seleksi individu untuk uji keturunan generasi ketiga

Secara umum, kandungan holoselulosa dan alfa-selulosa berpengaruh terhadap rendemen pulp dan kualitas kertas yang dihasilkan, sedangkan lignin dan ekstraktif berpengaruh terhadap kualitas pulp dan kertas yang dihasilkan (Nilvebrant, 2000; Jansson, 2000). Idealnya, pohon yang baik sebagai bahan baku pulp dan kertas memiliki kadar holoselulosa dan alfa-selulosa yang tinggi dengan kadar ekstraktif dan lignin yang rendah. Namun, ada beberapa individu yang mengandung selulosa yang



Gambar 5. Rerata kandungan kimia kayu *E. pellita* pada setiap kelompok, kadar ekstraktif etanol-toluena (a), kadar ekstraktif air panas (b), kadar alfa-selulosa (c) dan kadar lignin (d)

tinggi dan ekstraktif yang rendah, namun memiliki kadar lignin yang tinggi. Ada juga beberapa individu yang memiliki kadar selulosa yang cukup tinggi, namun juga memiliki ekstraktif dan lignin yang tinggi. Adanya perbedaan kandungan kimia antar pohon plus mengindikasikan pentingnya dilakukan penyeleksian berdasarkan kandungan kimia yang penting untuk produksi pulp dan kertas.

Seleksi pohon plus *E. pellita* dapat dilakukan dari analisis deskriptif ataupun analisis gerombol berhirarki (kluster). Kedua metode ini hanya digunakan untuk memilih individu-individu terbaik berdasarkan kandungan kimia yang menguntungkan untuk dijadikan sebagai bahan baku pulp dan kertas tulis. Idealnya, proses penyeleksian individu yang digunakan adalah sistem skoring. Namun, disebabkan ada beberapa data kandungan kimia dari beberapa individu yang tidak tersedia, maka

dilakukan proses pemeringkatan secara sederhana. Kondisi tersebut disebabkan oleh adanya data yang berada di luar garis kecenderungan (*outlier*) dan terbatasnya kuantitas sampel dari bor riap. Beberapa parameter diuji dengan modifikasi metode untuk mengakomodasi jumlah sampel yang ada. Selain itu, pengulangan data tidak dilakukan dengan alasan yang sama. Disebabkan adanya penyerbukan terbuka pada generasi pertama, maka individu-individu terbaik tersebut tidak digolongkan berdasarkan asal provenan.

Dalam prioritas parameter, kadar alfa-selulosa pada kedua metode ditempatkan pada urutan pertama dengan pertimbangan alfa-selulosa merupakan bahan dasar produk pulp dan kertas sehingga kadar alfa-selulosa yang tinggi dapat menghasilkan rendemen yang tinggi. Kadar alfa-selulosa juga merupakan komponen yang tertinggal setelah

dilakukannya proses pemutihan dalam kertas tulis (Fengel dan Wegener, 1995). Di lain pihak, kadar lignin menjadi prioritas kedua. Lignin yang terkandung di dalam bahan baku merupakan komponen yang harus dihilangkan karena akan menurunkan kualitas kertas yang dihasilkan. Kadar ekstraktif air panas dimasukkan dalam prioritas terakhir dengan asumsi zat ekstraktifnya akan terlarut dalam pemasakan kraft. Melalui ekstraksi berurutan, komponen ekstraktif yang tertinggal didominasi komponen gula yang kurang berpengaruh terhadap mutu pulp.

Seleksi dilakukan dengan memberi peringkat 50 % individu yang berasal dari analisis deskriptif dan 2 kelompok terbaik berdasarkan analisis gerombol. Dari kedua analisis tersebut ternyata tidak seluruh individu terbaik dari analisis deskriptif termasuk ke dalam analisis gerombol. Bahkan jika dianalisis lebih lanjut, dari 30 individu terbaik berdasarkan analisis deskriptif dan 20 individu terbaik berdasarkan analisis gerombol, maka terdapat 13 individu yang termasuk ke dalam analisis deskriptif dan analisis gerombol. Individu-individu tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Secara keseluruhan dapat dilihat pada 3 individu pada peringkat deskriptif yakni peringkat 6, 7, dan 10 memiliki ranking yang sama pada peringkat gerombol. Peringkat 9 dan 17 dari analisis deskriptif memiliki peringkat yang tidak jauh dengan peringkat pada analisis gerombol. Sementara itu, peringkat lainnya dari analisis deskriptif memiliki peringkat yang berbeda dengan peringkat dari analisis gerombol. Adanya perbedaan peringkat antar individu pada hasil deskriptif dan hasil gerombol dikarenakan jumlah contoh uji yang diujikan sifat kimia kayunya memiliki kuantitas berbeda-beda. Meskipun demikian, 13 dari 20 individu pohon plus yang sama menunjukkan bahwa kedua metode tersebut dapat digunakan dalam pemilihan pohon karena hasilnya tidak jauh berbeda secara kuantitas.

Pada Tabel 4 tersebut terlihat bahwa peringkat pertama pada analisis deskriptif yakni pada individu pohon plus dengan kode 29-2-18-4 memiliki peringkat ke-9 pada analisis gerombol. Jika ditelusuri, individu pohon plus ini memiliki kualitas kadar kimia yang lebih rendah bila dibandingkan dengan individu pohon plus dengan kode 21-2-40-3 yang memiliki kadar alfa-selulosa tertinggi dan termasuk ke dalam peringkat 1 individu terbaik pada

Tabel 4. Individu terbaik yang termasuk kedalam peringkat berdasarkan analisa deskriptif dan gerombol

No	Kode Sampel	Provenan	Peringkat	
			Deskriptif	Gerombol
1	29-2-18-4	Kiriwo Utara, Papua Barat	1	9
2	21-9-42-2	Desa Serisa, Papua Barat	3	13
3	19-10-1-2	Kiriwo Selatan, Papua Barat	5	2
4	19-11-45-1	Desa Serisa, Papua Barat	6	6
5	28-6-2-3	Kiriwo Selatan, Papua Barat	7	7
6	09-8-76-1	Keru To Nata, Papua Barat	9	8
7	07-12-18-4	Kiriwo Utara, Papua Barat	10	10
8	09-4-40-1	Desa Serisa, Papua Barat	17	15
9	21-2-40-3 (H)	Desa Serisa, Papua Barat	23	1
10	19-06-76-2	Keru To Nata, Papua Barat	24	3
11	28-8-21-2	Kiriwo Utara, Papua Barat	25	11
12	08-02-87-1	Muting, Merauke, Irian Jaya	26	14
13	27-6-76-4 (H)	Keru To Nata, Papua Barat	29	20

analisis gerombol (Tabel 3). Namun, disebabkan individu pohon plus dengan kode 21-2-40-3 hanya memiliki peringkat terbaik pada 2 parameter, sedangkan individu 29-2-18-4 masuk dalam 4 parameter, maka peringkat lebih atas adalah individu pohon plus dengan peringkat yang termasuk kedalam 4 parameter.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini sebagian dibiayai oleh Hibah Insentif Penelitian Mahasiswa PUPT UGM 2013.

KESIMPULAN

Dari hasil-hasil pengujian diperoleh bahwa pohon plus *E. pellita* generasi kedua memiliki kandungan kimia dengan kisaran kadar ekstraktif larut etanol-toluena dan larut air panas adalah 1,87-10,92 % dan 0,64-10,00 % secara berurutan. Kadar holoselulosa, alfa-selulosa dan lignin secara berurutan adalah 72,89-79,91 %, 41,84-54,85 % dan 22,12-36,61 %. Koefisien variasi ekstraktif etanol-toluena, air panas, holoselulosa, alfa-selulosa dan lignin secara berurutan adalah 30,78 %, 82,91 %, 2,20 %, 5,73 % dan 13,64 %. Berdasarkan analisis deskriptif didapat 4 individu dengan 4 parameter yang masuk dalam peringkat terbaik. Berdasarkan analisis gerombol diperoleh 4 kelompok pohon plus dimana 2 kelompok diantaranya merupakan kelompok terbaik untuk bahan baku pulp. Setelah dilakukan pemeringkatan secara sederhana melalui analisis deskriptif dan analisis gerombol diperoleh 13 individu pohon plus terpilih yang memiliki sifat kimia kayu yang paling menguntungkan untuk tujuan produksi pulp dan kertas.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrade MCN, Minhoni MTA, Sansigolo CA & Zied DC. 2010. Analise quimica da madeira e casca de diferente tipos de eucalipto antes e durante o cultivo de shiitake em torasi. *Arvore, Vicosa – MG* **34** (1) : 165-167.
- ASTM. 1985. *Annual Book of ASTM Standards. Section Four Constructions Volume 04.09.* Wood Philadelphia.
- ASTM. 2002. *Annual Book of ASTM Standards. Section Four Construction Volume 04.10* Wood. Baltimore.
- Bo-Yong L, Li-ting L, Xiao-yong M, Hai-xia W, Wen-ping C. 2011. The selection analysis of 10-year-old *Eucalyptus pellita* provenance and family. *Journal of South China Agricultural University* **32** (4) : 72-77.
- Browning. 1967. *Methods of Wood Chemistry Vol II.* John Wiley & Sons, Inc. America.
- Direktorat Jendral Kehutanan. 1976. *Vademecum Kehutanan Indonesia.* Direktorat Jenderal Kehutanan Departemen Pertanian. Jakarta.
- Duret X, Fredon E, Masson E, Desharnais L, & Gerardin P. 2013. Optimization of acid pretreatment in order to increase the phenolic content of *Picea abies* bark by surface response methodology. *BioResources* **8** (1) : 1258 – 1273.
- Dutt D & Tyagi CH. 2011. Comparison of various eucalyptus species for their morphological, chemical, pulp and paper making characteristics. *Indian Journal of Chemical Technology* **18** (2) : 145-151.
- Fengel D & Wegener G. 1995. *Kayu : Kimia, Ultrastruktur, Reaksi – Reaksi (Terjemahan).* Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Henriksson G, Brannvall E & Lennholm H. 2009. The Trees. Dalam : *Pulp and Paper Chemistry and Technology Volume 1 Wood Chemistry and Wood Biotechnology.* Ek M, Gellerstedt G, & Henriksson. (Ed) Hlm. 13 - 44. Walter de Gruyter, Berlin.
- Hillis WE. 1962. The distribution and formation of polyphenols within the tree. Dalam : *Wood Extractives and Their Significance to the Pulp and Paper Industries.* Hillis WE (Ed). Hlm. 60-131. Academic Press, New York and London.
- Igarza UO, Machado EC, Diaz NP, & Martin RG. 2006. Chemical composition of bark of three species of eucalyptus to three heights of commercial bole : Part 2 *Eucalyptus pellita* F.

- Muell. *Revista Forestal Venezolana* **50** (1) : 53 – 58.
- Jansson MB. 2000. Influence on pulp and paper odor. Dalam: *Pitch Control, Wood Resin and Deresination*. Back EL & Allen LH (Ed). Hlm. 354-355. TAPPI Press, USA.
- Lee SS. 1993. Disease. Dalam : *Acacia mangium Growing and Utilization*. Awang K & Taylor D. (Ed). Hlm. 203-233. Wirrock International dan FAO, Bangkok, Thailand.
- Leksono B & Setyaji T. 2004. Variasi pertumbuhan tinggi dan diameter pada uji keturunan eucalyptus pellita system populasi tunggal. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman* **1** (2) : 67-78.
- Leksono B, Kurinobu S & Ide Y. 2008. Realized genetic gains observed in second generation seedling seed orchards of *E. pellita* in Indonesia. *Indonesian Journal of Forestry Research* **5** : 110-116.
- Macfarlane C, Warren CR, White DA, & Adams MA. 1999. A rapid and simple method for processing wood to crude cellulose for analysis of stable carbon isotopes in tree rings. *Tree Physiology* **19** (12) : 831-835.
- Maeglin RR. 1979. *Increment Cores : How to Collect, Handle and Use Them*. General Technical Report FPL 25. United States Departement of Agriculture. U.S.
- Morck R, Jansson MB & Dahlman O. 2000. Resinous compounds in effluents form pulp mills. Dalam : *Pitch Control, Wood Resin and Deresination*. Back EL & Allen LH (Ed). TAPPI Press, USA.
- Nilvebrant N. 2000. Color and brightness reversion due to extractives. Dalam : *Pitch Control, Wood Resin and Deresination*. Back EL & Allen LH (Ed). Hlm. 353. TAPPI Press, USA..
- Oliveira AC, Carneiro ACO, Vital BR, Almeida W, Pereira BLC, & Cardoso MT. 2010. Quality parameters of *Eucalyptus pellita* F. Muell. wood and charcoal. *Scientia Forestalis* **38** (87) : 431 – 439.
- Pereira BLC, Oliveria AC, Carvalho AMML, Carneiro ACO, Santos LC & Vital BR. 2012. Quality of wood and charcoal from eucalyptus clones for ironmaster use. *International Journal of Forestry Research* **2012** : 1-8.
- Pouble D, Garcia RA, Latorraca JVF & Carvalho AM. 2011. Anatomical structure and physical properties of *Eucalyptus pellita* F. Muell wood. *Journal of Floresta e Ambiente* **18** (2) : 117-126.
- Pudjiono S & Baskorowati L. 2012. Pembangunan populasi pemuliaan tanaman hutan. Dalam: *Bunga Rampai : Status Penelitian Pemuliaan Tanaman Hutan di BBPBPTH*. Nirsatmanto A & Nurtjahjaningsih (Ed). Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan. Yogyakarta.
- Qi YT, Jing H, Feng X & Cang SR. 2009. Fractination and physico-chemical analysis of degraded lignins from the black liquor of *Eucalyptus pellita* KP-AQ Pulping. *Journal of Polymer Degradation and Stability* **94** (7) : 1142-1150.
- Resquin F, Barrichelo LEG, Junior FGS, Brito JO & Sansigolo CA. 2006. Wood quality for kraft pulping of *Eucalyptus globulus* origins planted in Uruguay. *Scientia Forestalis* **72** : 57 – 66.
- Santos A, Amaral ME, Vaz A, Anjos O, & Simoes R. 2008. Effect of *Eucalyptus globulus* wood density on papermaking potential. *TAPPI Journal* **7** : 25 – 31.
- Siagian RM, Darmawan S & Saepuloh. 1999. Komposisi kimia kayu *Acacia mangium* Willd dari beberapa tingkat umur hasil tanam rotasi pertama. *Buletin Penelitian Hasil Hutan* **17** (1) : 57-66.
- Sjostrom. 1995. *Kimia Kayu : Dasar – Dasar Penggunaan (Terjemahan)*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Susilawati S & Fujisawa Y. 2002. Family variation on wood density and fiber length of *Eucalyptus pellita* in Seedling Seed Orchard Pleihari, South Kalimantan. *Proceedings of the International Conference*. Hlm. 53-56. Yogyakarta.
- Susilawati S & Marsoem SN. 2006. Variation in wood physical properties of *Eucalyptus pellita* growing in Seedling Seed Orchard in Pleihari, South Kalimantan. *Indonesian Journal of Forestry Research* **3** (2) : 123-138.