

PERBANDINGAN KARAKTERISTIK BAHAN BAKU DAN PULP KRASIKARPA (*Acacia crassicarpa* A. Cunn) UMUR 1 SAMPAI 4 TAHUN (*Pulp and Paper Raw Material Characteristics Comparison of 1 to 4 Krasikarpa* (*Acacia crassicarpa* A. Cunn))

Opik Taupik Akbar^{1*}, Yeni Aprianis¹ & Ruspandi²

¹Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Serat Tanaman Hutan (BP2TSTH) Kuok,
Jl. Raya Bangkinang-Kuok Km. 9, PO BOX 4/BKN Bangkinang, Kab. Kampar, Riau 28401,
Telp. (0762) 6700911; Fax. (0761) 6700768

² PT. Arara Abadi (Sinarmas Forestry)
Jl. Raya Minas-Perawang KM. 34, Pinang Sebantang, Tualang, Kab Siak, Riau 28685
Telp. (0762) 9000200; Fax (0761) 9000200

*E-mail : opik.t.akbar@gmail.com

Diterima 6 September 2017, direvisi 10 Januari 2019, disetujui 08 Juli 2019

ABSTRACT

Krasikarpa wood (Acacia crassicarpa A. Cunn.) is one of the fast growing peatland species for pulp and paper production. Pulp and chemical properties of krasikarpa wood under 4 years old have not been studied intensively. This paper examines pulp and chemical properties of krasikarpa wood during 1–4 years growth. Wood samples were taken from peatland area of Industrial Plantation Forest, PT. Arara Abadi, Riau. Chemical content examined includes extractives content in the solubility of ethanol benzene, lignin, and cellulose contents, while pulp properties studied were basic density, pulp productivity, and wood consumption. Wood samples were cooked using kraft pulping method with 18% alkali active, 25% sulfidity, wood to liquor ratio of 1:4, and temperature of cooking at 165°C for 3 hours. Experiment was designed based on Completely Randomized Design. Results showed that the age factor had a significant effect on all aspects studied. Based on further testing of LSD (Least Significant Differences), the significant effects included: extractive content at 4 years old, cellulose and lignin at 1 years old, pulp yield at 1 year old, density at 4 years old, wood productivity, and wood consumption at age 1, 3, and 4 years. After two years, extractive content start to increase, the lignin and cellulose content start to stabilize, and the pulp yield start to decline. Wood consumption decreases with age, the older the tree age, the lower the wood consumption.

Keywords : Acacia crassicarpa, pulp yield, basic density, pulp productivity, wood chemical content

ABSTRAK

Kayu krasikarpa (*Acacia crassicarpa* A. Cunn.) merupakan salah satu jenis cepat tumbuh di lahan gambut yang banyak digunakan sebagai bahan baku pulp dan kertas. Sifat pulp dan kimia kayu krasikarpa pada awal pertumbuhan belum banyak dipelajari secara intensif. Tujuan penelitian ini mempelajari sifat kimia kayu dan pulp krasikarpa pada pertumbuhan awal, umur 1–4 tahun. Sampel kayu diambil dari lahan gambut Hutan Tanaman Industri (HTI) PT. Arara Abadi (Sinarmas Forestry), Riau. Sifat kimia kayu diamati meliputi kadar ekstraktif dalam kelarutan etanol benzena, lignin, dan selulosa, sedangkan sifat pulp yang dipelajari meliputi rendemen dan produktivitas pulp, serta kerapatan dan konsumsi kayu. Sampel kayu dimasak menggunakan metode kraft dengan aktif alkali 18%, sulfiditas 25%, perbandingan kayu dengan larutan pemasak 1:4, dan suhu pemasakan 165°C selama 3 jam. Analisa data menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap). Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor umur berpengaruh signifikan pada semua aspek yang diteliti. Berdasarkan uji lanjut LSD (*Least Significant Differences*), yang berpengaruh signifikan antara lain: kadar ekstraktif pada umur 4 tahun,

selulosa dan lignin pada umur 1 tahun, rendemen pulp pada umur 1 tahun, kerapatan pada umur 4 tahun, produktivitas dan konsumsi kayu pada umur 1, 3 dan 4 tahun. Setelah umur tanaman dua tahun, ekstraktif mulai meningkat, kadar lignin dan selulosa mulai stabil, dan rendemen pulp mulai menurun. Konsumsi kayu menurun seiring bertambahnya umur, semakin tua umur pohon, semakin rendah konsumsi kayu.

Kata kunci: *Acacia crassicarpa*, rendemen pulp, kerapatan kayu, produktivitas kayu, kadar kimia kayu

I. PENDAHULUAN

Pada tahun 2016, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan melaporkan komoditas ekspor hasil hutan tertinggi di Indonesia adalah pulp dan kertas, yang mencapai hampir 50% dari seluruh komoditas ekspor hasil hutan. Kedua komoditas tersebut berasal dari 25.856.152 m³ serpih kayu (chip), sekitar 38% dari total komoditas hasil hutan (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2016). Selain itu, menurut laporan Kementerian Perindustrian tahun 2015, komoditas pulp dan kertas memiliki nilai ekspor yang cukup stabil pada kisaran USD 5,333–5,644 juta dalam kurun waktu tahun 2012 sampai 2015, dan masuk dalam delapan besar komoditas ekspor industri non-migas (Kementerian Perindustrian, 2016). Saat ini, bahan baku pulp dan kertas berasal dari Hutan Tanaman Industri (HTI) di Indonesia seluas 10.700.842,33 ha. Luasan HTI di Sumatera tercatat 4.641.643,9 ha dan luasan HTI di Riau mencapai 1.631.304 ha (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2016).

Jenis tanaman cepat tumbuh yang ditanam pada HTI pulp dan kertas adalah krasikarpa (*Acacia crassicarpa* A. Cunn.), mangium (*Acacia mangium* Willd.), dan ekaliptus (*Eucalyptus pellita* F. Muell.) (Mendham & Rimbawanto, 2015; Nambiar & Harwood, 2014a; Siahaan & Sumadi, 2016). Pada tahun 2013, krasikarpa menjadi salah satu jenis yang paling banyak ditanam, yaitu mencapai 700.000 ha (Nambiar & Harwood, 2014a), menggantikan mangium dengan luasan 500.000 ha. Penurunan produktivitas mangium dilaporkan karena adanya serangan busuk akar yang disebabkan oleh jamur (Nambiar & Harwood, 2014b).

Salah satu kelebihan tanaman krasikarpa sebagai pengganti mangium adalah kemampuan tumbuh di lahan gambut. Meskipun secara alami tidak

tumbuh di lahan gambut, namun produktivitas krasikarpa paling tinggi dibandingkan kayu lokal, sehingga jenis krasikarpa menjadi pilihan utama perusahaan HTI untuk pulp dan kertas (Nambiar & Harwood, 2014a). Penanaman pohon krasikarpa sudah dilakukan lebih dari 20 tahun dan jenis ini sudah dikembangkan melalui sistem silvikultur dan pemuliaan pohon (*tree improvement*) yang baik, sehingga tanaman krasikarpa memiliki riap pertumbuhan yang cukup besar (Golani, Siregar, & Gafur, 2009).

Saat ini data dan informasi sifat kayu krasikarpa belum banyak dipublikasi. Beberapa pustaka memberikan informasi sifat kayu krasikarpa yang ditanam di lahan gambut pada umur tertentu, namun belum melihat sifat kayu pada awal pertumbuhannya (umur 1–4 tahun). Sifat kayu krasikarpa umur 4–6 tahun pernah diamati PT. Arara Abadi, dengan luaran berupa rekomendasi umur tebang krasikarpa pada umur 5 tahun berdasarkan produktivitas volume pohonnya (Suhartati, Aprianis, Pribadi, & Rochmayanto, 2013). Namun, dalam beberapa tahun terakhir, di beberapa lokasi penanaman banyak pohon yang mengalami tumbang dan patah pada bagian batang mulai umur tiga tahun. Sehingga, apabila dipanen pada umur lima tahun, produktivitasnya akan menurun (Muslim, 2013).

Pada umumnya, penelitian tentang kesesuaian jenis kayu untuk bahan baku pulp dan kertas dimulai pada umur empat tahun (Sugesty, Kardiansyah, & Pratiwi, 2015; Suhartati et al., 2013). Akibatnya, sifat kayu umur 1 sampai 3 tahun belum banyak diketahui. Pemilihan umur pohon tinggi pada penelitian sebelumnya berdasarkan pertimbangan bahwa kayu krasikarpa bisa dijadikan sebagai bahan baku pulp. Padahal, persyaratan sebagai bahan baku pulp tidak dipengaruhi oleh umur pohon (Bowyer, Shmulsky, & Haygreen, 2007; Smook, 2003).

Pemilihan umur panen umumnya berdasarkan pertimbangan kualitas dan produktivitas pulp serta data pertumbuhan pohon.

Pada awal pertumbuhan, kayu masih terdiri dari kayu juvenil karena masih terus mengalami perkembangan dan belum mencapai kondisi optimum. Kayu juvenil masih mengalami perubahan sifat pada dimensi serat, kerapatan, dan sifat lainnya. Beberapa penelitian mengenai kayu juvenil di Indonesia diantaranya pada kayu mangium (Lukmandaru, 2012; Rulliaty, 2008), sengon dan jabon (Darmawan, Nandika, Rahayu, & Fournier, 2013), serta samama (Cahyono et al., 2015). Semua penelitian tersebut menyatakan bahwa sampai umur 6 tahun, pada pohon yang diteliti masih terdiri dari kayu juvenil. Kayu dewasa dicapai apabila sifat dasar kayu sudah mencapai kondisi optimum dan tidak mengalami perubahan. Namun demikian, masih belum jelas kapan kayu juvenil berhenti dan kayu dewasa mulai. Perbedaan umur kondisi optimum pada dimensi serat, kerapatan dan sifat lainnya menjadikan masa peralihan tersebut sulit ditentukan (Bowyer et al., 2007).

Meskipun sampai umur 4 tahun kayu krasikarpa diduga masih juvenil, namun seberapa besar perbedaannya dibandingkan umur 1–3 tahun belum diketahui. Penggunaan krasikarpa sebagai bahan baku terus mengalami penurunan umur pohon tebang, dari umur 6 tahun menjadi 5 tahun (Suhartati et al., 2013). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari sifat pulp dan kimia kayu krasikarpa umur 1–4 tahun yang ditanam di areal gambut. Data dan informasi tersebut diharapkan dapat digunakan sebagai informasi untuk mengukur produktivitas kayu krasikarpa pada awal pertumbuhannya.

II. BAHAN DAN METODE

B. Bahan, Tempat, dan Waktu

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis kayu krasikarpa umur 1–4 tahun yang diambil dari lahan gambut Distrik Tapung, areal konsesi PT. Arara Abadi, Sinarmas Forestry wilayah Riau. Sampel dianalisis di laboratorium teknologi kayu, penelitian dan pengembangan, PT. Arara Abadi, Perawang, Riau pada tahun 2011 s.d 2014.

B. Metode

1. Persiapan bahan

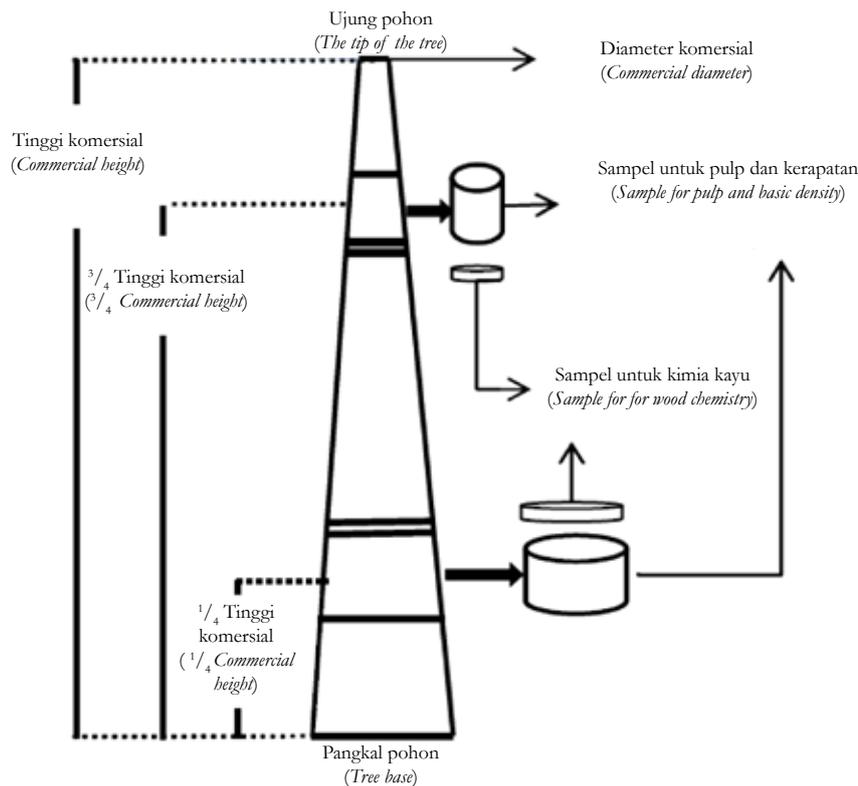
Sampel dolok kayu krasikarpa diambil 10 pohon per tahun, pada dua posisi yaitu $\frac{1}{4}$ dan $\frac{3}{4}$ tinggi komersial (diameter ujung 5 cm). Pohon yang dipilih memiliki perbedaan diameter setinggi dada, berbatang lurus untuk menghindari terdapatnya kayu reaksi, dan sampel yang digunakan merupakan bagian yang bebas dari mata kayu. Batang kayu dipotong berupa dolok sepanjang 30–50 cm dan cakram berukuran ± 3 cm (Gambar 1). Untuk analisis kimia kayu, sampel cakram dibentuk menjadi stik dan dijemur hingga mencapai kadar air $\pm 10\%$ lalu digiling menggunakan *willey mill* pada fraksi saring 40–60 mesh (TAPPI, 2002). Sampel pulp dan kerapatan diambil dari dolok yang dijadikan serpih kayu dalam ukuran yang seragam sekitar 2,5 cm x 2 cm x 0,3 cm (arah radial x tangensial x transversal). Untuk menghasilkan sampel yang seragam, semua serpih kayu dari masing-masing cakram dicampurkan dan diaduk agar mewakili satu pohon. Selanjutnya serpih kayu dijemur di bawah sinar matahari sehingga mencapai kadar air $\pm 10\%$. Setelah kering, sampel dianalisis sifat pulp dan kerapatan kayu (*basic density*/BD).

2. Analisis kadar kimia kayu

Analisis kadar ekstraktif menggunakan prosedur TAPPI T-204 cm-07 (Tappi, 1997). Penghilangan zat ekstraktif kayu menggunakan pelarut 1:2 etanol-benzena untuk melarutkan zat atau senyawa dalam kayu yang tidak larut oleh pelarut diklorometana, senyawa karbohidrat dengan berat molekul rendah, dan garam. Sampel yang sudah diekstraksi dibilas dengan etanol 96% dan air panas.

Kadar lignin dianalisis menggunakan metode Klason dengan prosedur TAPPI T-222 cm-98 (Tappi, 2006a).

Sampel yang sudah bebas ekstraktif dihidrolisis dengan H_2SO_4 72% pada kondisi suhu antara 10–15°C. Larutan diaduk sampai terdispersi dan suhu terjaga pada suhu $20 \pm 1^\circ C$ selama 2 jam. Selanjutnya, sampel diencerkan dan dihubungkan dengan rangkaian ekstraksi dan dipanaskan selama 4 jam. Setelah selesai, larutan hasil ekstraksi disaring dan dioven untuk mengetahui berat kering tanurnya.



Gambar 1. Skema pengambilan sampel
Figure 1. Sampling scheme

Kadar selulosa dianalisis menggunakan prosedur TMA5025 (Arara Abadi, 2001). Sampel yang digunakan untuk analisis kadar selulosa adalah sampel yang sudah bebas zat ekstraktif. Ekstraksi selulosa dilakukan dengan menambahkan natrium perborat, asam asetat, dan hidrogen peroksida. Sampel diekstraksi selama 4 jam pada suhu 100°C. Setelah diekstraksi, sampel disaring dan dibilas dengan asam asetat dan air panas. Selanjutnya, hasil ekstraksi ditimbang untuk diketahui berat kering tanurnya.

3. Kerapatan kayu

Pengujian kerapatan kayu menggunakan standar pengukuran SCAN-CM 43-95 (SCAN, 1995) dengan modifikasi volume silinder dari 15 liter menjadi 3,4 liter. Sampel serpih kayu yang sudah dipisahkan untuk menghitung kerapatan, direndam dalam air, lalu dikeringkan menggunakan centrifuge untuk menghilangkan kelebihan air. Sampel kemudian dimasukkan ke dalam basket besi dan direndam dalam bejana air, dan ditimbang untuk mengetahui volume pada kesetimbangan dengan air. Sampel dikeringkan dalam oven pada suhu $105 \pm 3^\circ\text{C}$ selama 24 jam

untuk mencapai berat kering tanur (BKT) sampai beratnya konstan. Setelah diketahui BKT, maka pengukuran BD dapat dilakukan (SCAN, 1995).

4. Pemasakan pulp

Pulp dimasak menggunakan metode kraft dengan aktif alkali 18% (NaOH) dan sulfiditas 25%. Serpih yang digunakan sebanyak 300 g berat kering oven (BKO) dengan perbandingan kayu dan larutan pemasak adalah 1:4 dan suhu pemasakan 165°C. Waktu pemasakan selama tiga jam dengan pencapaian suhu target 90 menit dan dipertahankan pada 165° selama 90 menit. Pulp kemudian dicuci dan disaring dalam *twin pulp washer* yang dilengkapi dengan pompa vakum dan dicuci hingga bersih. Selanjutnya pulp dihancurkan dalam *chip disintegrator* (3000 rpm dan 1500 rpm). Serat pulp yang telah terpisah, disaring dan ditekan dengan alat sampai kering berbentuk bongkahan pulp.

Bongkahan pulp kemudian dihancurkan dan ditimbang berat kering udara (AD)-nya dan dihitung kadar airnya untuk menghitung rendemen pulp. Rendemen pulp dihitung menggunakan rasio dari berat kering tanur pulp

(*screen pulp*) dengan berat kering tanur dari serpih (*acceptable chip*) setelah keduanya dioven pada suhu $105 \pm 3^\circ\text{C}$ selama minimal 24 jam (Tappi, 2006b).

5. Produktivitas pulp dan konsumsi kayu

Produktivitas pulp (*Pulp productivity*) merupakan hasil perhitungan nilai rendemen pulp (PY) dan kerapatan (BD) untuk memperkirakan berat pulp yang dihasilkan dari satu meter kubik. Konsumsi kayu (*Wood consumption/WC*) merupakan hasil perhitungan antara nilai PY dan BD untuk mengetahui volume kayu yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu ton pulp. Perhitungan PP dan WC dapat dilihat dalam Persamaan (1) dan (2) berikut:

$$PP = PY \times BD \dots\dots\dots(1)$$

$$WC = \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ Ton}} \times \frac{1}{pp} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan (*Remarks*) :

PP = Produktivitas pulp (*Pulp Productivity*, kg/m³)

PY = Rendemen pulp (*Pulp Yield*, %)

BD = Kerapatan kayu (*Basic density*, kg/m³)

WC = Konsumsi kayu (*Wood consumption*, m³/Ton)

C. Analisis Data

Data hasil pengujian ditabulasi dan dijelaskan secara deskriptif. *IBM SPSS Statistic 23* digunakan untuk menganalisis pengaruh umur terhadap sifat kayu. Masing-masing sampel hanya dilakukan satu kali pengujian dan jumlah sampel per kelas umur sebanyak 8 pohon untuk analisa kimia kayu dan 10 pohon untuk nilai kerapatan kayu, dimana masing-masing diuji per individu pohon. Pengolahan data dilakukan dengan analisis keragaman Rancangan Acak Lengkap (RAL) menggunakan satu variabel. Uji lanjutan LSD

(*Least significant differences*) dilakukan apabila umur berpengaruh nyata terhadap sifat kayu yang diamati.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kandungan Kimia Bahan Baku Krasikarpa

Kandungan kimia yang diteliti adalah ekstraktif etanol-benzena, lignin, dan selulosa. Hasil perhitungan sidik ragam perbedaan umur terhadap sifat kimia kayu disajikan pada Lampiran 1, sedangkan hasil uji beda lanjut dengan prosedur LSD disajikan pada Tabel 2. Analisis varian menunjukkan bahwa perbedaan umur sangat signifikan mempengaruhi semua sifat kayu yang diuji. Oleh karena itu, dilakukan uji lanjut LSD untuk mengetahui umur yang paling signifikan berpengaruh. Berdasarkan uji lanjut LSD, yang berpengaruh signifikan ($p < 0,01$) antara lain: kadar ekstraktif krasikarpa pada umur 4 tahun, kadar selulosa dan lignin pada krasikarpa umur 1 tahun.

Pada penelitian ini, kadar ekstraktif yang dicari hanya jenis yang larut dalam pelarut organik menggunakan bahan kimia etanol dan benzena. Kadar ekstraktif berkisar antara 1,27% (2 tahun) sampai 2,08% (4 tahun). Secara statistik kadar ekstraktif umur 1, 2, dan 3 tahun dianggap sama, namun setelah umur 4 tahun mengalami peningkatan sebesar 40,13% bila dibandingkan dengan umur 1 tahun. Kadar ekstraktif kayu krasikarpa umur 4 hingga 6 tahun dilaporkan terus meningkat (1,84% menjadi 2,08%) (Sugesty et al., 2015). Ekstraktif akan bertambah dengan bertambahnya umur pohon seiring dengan meningkatnya komposisi kayu teras pada pohon (Osman, Ahmed, & Yaseen, 2015).

Tabel 1. Data pohon yang digunakan dalam penelitian

Table 1. Tree properties used in this research

Umur (Age)	Diameter (cm)			Tinggi komersial (Commercial height, m)			Tinggi total (Total height, m)		
	Rerata (Average)	stdev	Jangkauan (Range)	Rerata (Average)	Stdev	Jangkauan (Range)	Rerata (Average)	stdev	Jangkauan (Range)
1	6,89	0,81	5,6 – 8,0	2,53	0,56	1,6 – 3,3	6,51	0,70	5,6 – 7,7
2	9,52	1,52	7,4 – 12,1	6,82	1,37	5,2 – 9,2	13,50	1,31	9,1 – 13,2
3	12,72	1,97	10,1 – 16,0	13,84	1,57	10,7 – 16,4	16,67	1,50	14,1 – 19,1
4	14,90	2,22	11,8 – 18,9	16,33	1,12	14,3 – 17,4	19,81	1,52	16,8 – 21,7

Keterangan (*Remarks*): Stdev = Standar deviasi (*Deviation standard*)

Tabel 2. Kandungan kimia kayu krasikarpa umur 1–4 tahun
Table 2. Chemical content of krasikarpa wood at 1–4 year old

Umur (Age)	N	Kadar Ekstraktif (Extractive content)		Kadar selulosa (Celulosa content)		Kadar lignin (Lignin content)	
		Rerata (Averages, %)	Stdev	Rerata (Averages, %)	Stdev	Rerata (Averages, %)	stdev
1	8	1,52 ^a (1,30–1,85)	0,18	68,51 ^a (63,21–75,17)	3,59	17,89 ^a (13,91–21,87)	2,79
2	8	1,27 ^a (0,68–1,98)	0,40	57,75 ^b (56,27–59,99)	1,33	27,26 ^b (25,69–28,99)	1,08
3	8	1,47 ^a (1,11–1,86)	0,27	57,73 ^b (54,80–59,93)	1,99	28,46 ^b (26,49–29,94)	1,09
4	8	2,13 ^b (1,34–4,31)	0,90	56,63 ^b (54,11–59,42)	1,45	28,47 ^b (26,05–31,37)	1,74

Keterangan (Remarks): Stdev = Standar deviasi (*Deviation standard*); angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam 1 kolom tidak berbeda nyata pada uji LSD $p \leq 0,05$ (Numbers followed by the sama leeter in colom are not-significantly different, LSD test $p \leq 0,05$)

Meningkatnya kadar ekstraktif pada umur 4 tahun diduga karena komposisi kayu teras lebih tinggi dari pada kayu gubal bila dibandingkan umur 1–3 tahun. Sebagaimana dilaporkan oleh Lukmandaru (2012), bahwa komposisi kayu teras lebih banyak berpengaruh terhadap kadar ekstraktif kayu, namun pada penelitian ini tidak dilakukan persentase kayu teras dan gubal. Sampel diambil dari bagian tengah pohon berupa lempengan cakram yang dianggap lebih mewakili komposisi kayu teras dan gubal dalam satu pohon. Namun, dari sampel yang diambil, dapat diketahui komposisi kayu teras dan kayu gubal. Semakin tinggi umur pohon, semakin besar komposisi kayu teras dan semakin gelap warnanya.

Kadar ekstraktif yang tinggi tidak diinginkan sebagai bahan baku pulp karena semakin tinggi ekstraktif, semakin banyak konsumsi bahan kimia untuk menghilangkannya. Penghilangan ekstraktif dilakukan karena zat ini akan mengurangi kualitas pulp dan kertas yang dihasilkan seperti penguningan pulp dan noda bercak pada kertas serta menyulitkan penetrasi larutan kimia pemasak (Fengel & Wegener, 1995). Dalam memilih bahan baku pulp, kadar ekstraktif kayu yang lebih rendah lebih disukai karena dapat mengurangi biaya serta menghasilkan kualitas pulp yang lebih baik.

Selulosa berperan dalam menentukan karakter serat sehingga dapat digunakan dalam pembuatan kertas. Nilai selulosa tersebut berpengaruh terhadap nilai rendemen pulp. Kadar selulosa

umumnya berkisar antara 40–50% (Fengel & Wegener, 1995), 40–44% (Bowyer et al., 2007), dan sekitar 45% (Smook, 2003).

Pada umur satu tahun, kadar selulosa paling tinggi (68,04%), namun pada tahun berikutnya cenderung stabil (57,75–57,11%) (Tabel 2). Secara statistik kadar selulosa kayu krasikarpa umur 2–4 tahun dianggap sama namun berbeda dengan kadar selulosa krasikarpa umur 1 tahun. Kadar selulosa umur 4 tahun pada penelitian ini (57,11%), jauh lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian sebelumnya (43,33%) (Sugesty et al., 2015) dan (45,91–46,03) (Suhartati et al., 2013). Kadar selulosa krasikarpa dilaporkan terus bertambah sampai umur 6 tahun (48,62%) (Sugesty et al., 2015) dan (52,45–52,48%) (Suhartati et al., 2013).

Kadar alfa selulosa pada umur 1 tahun lebih tinggi dibandingkan dengan umur 2, 3, dan 4. Hal ini dikaitkan dengan pernyataan Fengel & Wegener, (1995) bahwa selama perkembangan sel, lignin dimasukkan sebagai komponen terakhir di dalam dinding sel, menembus di antara fibril sehingga memperkuat dinding sel. Artinya selama pertumbuhan pohon senyawa kimia yang terbentuk lebih dahulu adalah selulosa, kemudian diikuti oleh lignin. Kemungkinan pada krasikarpa umur 1 tahun selulosa lebih banyak terbentuk dibandingkan lignin, sehingga persentase selulosa lebih tinggi. Namun seiring dengan meningkatnya umur pohon, dibutuhkan pengokoh pohon yang

kuat, makanya kadar lignin umur 2 sampai 4 tahun lebih tinggi dibandingkan dengan kadar lignin umur 1 tahun.

Bila dibandingkan dengan kayu juvenil pada umumnya, sebagaimana dilaporkan Rulliaty (2008), karakteristik dimensi serat kayu juvenil pada awal pertumbuhan lebih pendek dan dinding sel lebih tipis. Hal ini diduga walaupun dinding sel tipis namun rendahnya persentase lignin menjadikan kadar selulosa lebih tinggi pada umur 1 tahun.

Kadar lignin umur 1 tahun (16,92%) lebih rendah dibandingkan umur 2–4 tahun (27,26–28,65%) yang cenderung stabil (Tabel 3). Kadar lignin umur 4 tahun pada penelitian ini (28,64%) lebih tinggi dibandingkan krasikarpa umur 4 tahun pada penelitian sebelumnya yaitu 26,95% (Sugesty et al., 2015) dan 27,23–27,75% (Suhartati et al., 2013). Namun apabila dilihat dari kisaran nilai terendah sampai tertinggi (26,05–31,55%), nilai rata-rata hasil masih berada dalam kisaran penelitian ini. Penelitian ini menggunakan 8 pohon yang dihitung secara individu sedangkan pada penelitian sebelumnya tidak diketahui jumlah sampelnya.

Kadar lignin umur 2–4 tahun berada pada kisaran umum beberapa pustaka, yaitu antara 20–40% (Fengel & Wegener, 1995), 18–25% (Bowyer et al., 2007), dan sekitar 21% (Smook, 2003). Namun untuk umur 1 tahun, jauh lebih rendah dan tidak masuk dalam kisaran beberapa pustaka. Hal ini kemungkinan lignin pada krasikarpa umur 1 tahun belum dibutuhkan untuk mengokohkan pohon.

Meskipun mengalami kenaikan, berdasarkan uji lanjut, hanya lignin pada pohon berumur 1 tahun yang memiliki perbedaan sangat signifikan ($p < 0,01$) sedangkan pada umur 2–4 tahun, tidak signifikan ($p > 0,05$). Lignin kayu juvenil pada awal pertumbuhan dilaporkan lebih rendah dan kekuatan kayu juga lebih rendah (Bowyer et al., 2007). Sifat kekuatan kayu yang rendah sebagian besar menandakan kandungan lignin yang rendah karena lignin berfungsi sebagai penguat sel dan menjaga kekakuan kayu.

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, 1952; Magaton et al., 2009). Selain itu, lembaran pulp yang dihasilkan dari pulp dengan kadar lignin yang masih tinggi akan menyebabkan kekakuan serat yang tinggi sehingga sifat kekuatan pulp rendah dan membentuk lembaran yang kasar dan tebal (Bowyer et al., 2007). Perbedaan lignin krasikarpa umur 4 dan 6 hanya sebesar 1% (Sugesty et al., 2015; Suhartati, Aprianis, Pribadi, & Rochmayanto, 2013). Sedangkan pada jenis *Eucalyptus camaldulensis*, kadar lignin umur 4 tahun 2,26% lebih rendah dibandingkan umur 8 tahun (Osman et al., 2015). Dari dua jenis tersebut, dapat diketahui bahwa lignin mengalami kenaikan $\pm 0,5\%$ /tahun sampai umur 8 tahun dimana pada umur tersebut diduga kayu belum memiliki kayu dewasa. Namun secara statistika, nilai tersebut tidak signifikan.

Untuk bahan baku pulp, yang diinginkan adalah yang memiliki kadar lignin yang rendah karena lignin akan didegradasi untuk menghasilkan pulp. Namun, lignin yang terlalu rendah mengakibatkan pohon menjadi mudah tumbang karena lignin berfungsi sebagai perekat yang dapat menaikkan sifat-sifat kekuatan mekanik kayu sedemikian rupa sehingga pohon dapat kokoh berdiri (Fengel & Wegener, 1995). Kadar lignin pada umur 1 tahun paling rendah sedangkan pada umur 2–4 tahun cenderung stabil. Meskipun kadar lignin pada krasikarpa termasuk tinggi, namun hal tersebut tidak menghalangi krasikarpa untuk dijadikan pilihan utama dalam bahan baku pulp.

B. Kerapatan dan Sifat Pulp Kayu Krasikarpa

Pada penelitian ini nilai kerapatan kayu digunakan untuk mengetahui sifat pulp dan konsumsi kayu yang dibutuhkan dalam menghasilkan satu ton pulp. Sifat pulp penelitian ini adalah sifat pengolahan pulp berupa rendemen pulp. Rendemen pulp, juga digunakan dalam menghitung konsumsi kayu. Nilai kerapatan, rendemen pulp dan konsumsi kayu krasikarpa dapat dilihat pada Tabel 3. Hasil analisis sidik ragam kerapatan kayu, rendemen pulp, produktivitas pulp, dan konsumsi kayu berpengaruh nyata terhadap umur (Lampiran 1). Kerapatan kayu meningkat seiring dengan bertambahnya umur pohon (Tabel 3). Kerapatan

Tabel 3. Nilai kerapatan kayu, rendemen pulp, produktivitas pulp, dan konsumsi kayu krasikarpa umur 1–4 tahun

Table 3. The wood basic density, pulp yield, pulp productivity, and wood consumption of krasikarpa wood at 1–4 years old

Umur (Age)	N	Kerapatan Kayu (Basic density, kg/m ³)		Rendemen pulp (Pulp yield, %)		Produktivitas pulp (Pulp productivity, kg/m ³)		Konsumsi kayu (Wood consumption, m ³ /Ton)	
		Rerata (Averages)	SD	Rerata (Averages)	SD	Rerata (Averages)	SD	Rerata (Averages)	SD
1	10	366,59 ^a (343,8–400,5)	18,27	52,55 ^a (49,7–55,2)	1,83	192,73 ^a (172,1–209,8)	12,92	5,21 ^a (4,77–5,81)	0,36
2	10	372,88 ^{ab} (287,8–424,6)	40,96	56,25 ^b (53,9–58,3)	1,20	209,69 ^{ab} (164,4–237,2)	22,84	4,83 ^a (4,22–6,08)	0,58
3	10	400,49 ^a (350,2–445,2)	35,89	55,06 ^b (52,5–57,8)	1,68	220,53 ^b (196,6–254,1)	21,51	4,57 ^b (3,94–5,09)	0,43
4	10	433,82 ^b (351,2–501,2)	53,33	53,38 ^a (51,7–55,2)	1,23	231,47 ^b (190,9–270,1)	28,02	4,38 ^b (3,70–5,24)	0,55

Keterangan (Remark): Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam 1 kolom tidak berbeda nyata pada uji LSD $p \leq 0,05$ (Numbers followed by the same letter in column are not-significantly different, LSD test $p \leq 0.05$)

krasikarpa sampai pada umur 6 tahun dilaporkan mengalami peningkatan (Sugesty et al., 2015). Kerapatan merupakan rasio antara berat kering oven dengan volume segar. Nilai kerapatan apabila dikonversi ke dalam satuan g/cm³ memiliki nilai yang sama dengan berat jenis (BJ). BJ krasikarpa adalah 0,67–0,71 (Prosea, 1995), nilai tersebut setara dengan nilai kerapatan 670–710 kg/m³, namun umur pohon pada penelitian tersebut tidak diketahui.

Kerapatan kayu umur 4 tahun pada penelitian ini (433,82 kg/m³) berada di antara kerapatan dari dua lokasi penelitian sebelumnya (383 dan 480 kg/m³) (Suhartati et al., 2013). Kerapatan kayu juvenil lebih rendah dibandingkan kayu dewasa. Pada kayu juvenil, kerapatan bagian dekat empelur lebih rendah daripada bagian luar yang menunjukkan bahwa pada umur muda, kerapatan kayu lebih rendah (Bowyer et al., 2007).

Menurut Suhartati et al. (2013), perbedaan pengujian kerapatan krasikarpa dan contoh uji yang digunakan pada umur 4 tahun menyebabkan perbedaan nilai kerapatan mencapai 100 kg/m³. Namun, apabila dilihat dari rentang nilai kerapatan krasikarpa umur 4 tahun pada penelitian ini yang mencapai 150 kg/m³, hal tersebut bisa saja terjadi karena perbedaan individu. Kerapatan kayu dipengaruhi oleh kondisi tempat tumbuh, iklim, geografis dan spesies (Bowyer et al., 2007).

Meskipun dalam penelitian ini sampel diambil dari petak yang sama dengan spesies yang sama, namun nilai kerapatan antar pohon memiliki variasi yang tinggi. Rentang nilai kerapatan kayu

tiap tahunnya mencapai 60 sampai 150 kg/m³ (Tabel 1). Perbanyak tanaman krasikarpa secara generatif memungkinkan tingkat variasi yang lebih tinggi. Namun variasi tersebut sebenarnya masih cukup rendah dibandingkan variasi nilai kerapatan mangium yang mencapai 250 kg/m³ pada umur 4 tahun (Abdurrachman & Hadjib, 2013).

Kerapatan kayu mempengaruhi kekasaran dan distribusi serat pulp yang merupakan parameter sangat penting untuk menentukan penggunaan akhir pulp (Magaton et al., 2009). Selain itu, kerapatan juga memiliki pengaruh terhadap hasil pemasakan pulp dan konsumsi kayu. Sejauh ini, kerapatan merupakan karakteristik kayu yang paling signifikan sebagai pertimbangan bahan baku pulp dan kertas (Segura, Zanao, Santos, & Silva Jr., 2012).

Rendemen pulp pada umur 1 tahun (52,55%) lebih rendah dibandingkan umur 2 tahun (56,25%), namun dari umur 2 sampai 4 tahun, rendemen pulp cenderung mengalami penurunan. Umumnya, rendemen pulp kayu juvenil pada awal pertumbuhan lebih tinggi yang ditujukan pula oleh kadar selulosa yang tinggi. Namun apabila kondisi pemasakan kurang ideal, banyak selulosa yang hancur sehingga tidak lolos saringan sehingga rendemen pulp menjadi lebih rendah. Rendemen pulp kayu juvenil awalnya dilaporkan lebih rendah dibandingkan kayu dewasa, namun, setelah ditinjau ulang dan dikondisikan metode pemasakan yang tepat, ternyata menghasilkan rendemen yang lebih tinggi (Bowyer et al.,

2007). Pada penelitian ini, kondisi pemasakan menggunakan kondisi ideal untuk pohon 5 tahun (umur panen krasikarpa di PT. Arara Abadi) sehingga rendemen pulp yang rendah pada umur 1 tahun mungkin disebabkan kondisi pemasakan yang kurang ideal. Penurunan rendemen pulp perlu ditinjau lagi dengan kondisi pemasakan yang berbeda karena kandungan selulosa kayu umur 2-4 tahun tidak berbeda signifikan.

Beberapa penelitian melaporkan bahwa rendemen pulp juga mengalami penurunan pada umur 4–6 tahun ((54,20% menjadi 47,15% hasil penelitian PT. Arara Abadi, dan 56,22% menjadi 52,12% pada penelitian Puslit hasil Hutan) (Suhartati et al., 2013)). Namun, penelitian lain menyebutkan bahwa rendemen pulp umur 4 dan 5 tahun (51,61–53,33%) tidak jauh berbeda dan penurunan rendemen terjadi pada umur 6 tahun (48,85–50,89%) (Sugesty et al., 2015). Sifat kayu yang tidak homogen membuat nilai rendemen pulp berbeda tiap individunya. Bahkan pada umur pohon yang sama, perbedaan nilai rendemen pulp bisa mencapai 5%. Dilihat dari sidik keragaman, umur berpengaruh signifikan terhadap rendemen pulp ($p < 0,01$) (Tabel 3). Pada uji lanjut LSD, perbedaan signifikan terjadi pada umur 1 dengan 2 dan 3, sedangkan umur 1 dan 4 serta 2 dan 3 tidak signifikan.

Pada umur 1 tahun, meskipun memiliki kadar selulosa tinggi dan lignin yang rendah (Tabel 3), namun kayu diduga memiliki komposisi kayu juvenil yang lebih banyak sehingga pada saat dimasak, sel kayu banyak yang hancur dan hanyut pada saat penyaringan pulp. Pada umur 2–4 tahun, komposisi kayu juvenil tidak sebanyak umur 1 tahun sehingga rendemen pulp cenderung sama dengan berapa pustaka yang menyatakan bahwa rendemen pulp mengalami penurunan seiring bertambahnya umur (Sugesty et al., 2015; Suhartati et al., 2013).

Nilai produktivitas pulp (*pulp productivity*/PP) meningkat seiring dengan pertambahan umur (Gambar 4). Meskipun nilai PY cenderung fluktuatif, namun peningkatan nilai BD jauh lebih berperan dalam peningkatan nilai PP. Untuk bahan baku pulp, semakin tinggi PP semakin baik karena dengan volume yang sama mampu menghasilkan rendemen pulp yang lebih tinggi. Produktivitas pulp pada umur 4 tahun mencapai

231,47 ton/m³. Nilai tersebut masih rendah karena pada umur panen bisa mencapai 300 kg/m³ (Orwa, Mutua, Kindt, Jamnadass, & Anthony 2009). Jika dilihat dari nilai BD yang belum mencapai optimum pada umur 4 tahun, bisa jadi PP akan meningkat pada umur yang lebih tua.

Konsumsi kayu (*Wood consumption*/WC) merupakan salah satu pertimbangan dalam pemilihan bahan baku pulp. Semakin rendah nilai konsumsi kayu semakin disukai karena untuk menghasilkan satu ton pulp membutuhkan volume kayu yang lebih sedikit. Hingga umur 4 tahun, nilai WC masih terus mengalami penurunan. Sama halnya dengan nilai PP, pada umur 4 tahun, nilai WC belum mencapai kondisi optimal.

Nilai PP dan WC dipengaruhi oleh PY dan BD, namun tidak ada hubungan yang jelas antara kerapatan kayu dan hasil pemasakan pulp karena rendemen pulp dipengaruhi oleh banyak karakteristik kayu lainnya (Magaton et al., 2009). Kerapatan kayu terus naik seiring bertambahnya umur dan mencapai titik optimum pada umur tertentu sedangkan rendemen pulp cenderung turun dengan bertambahnya umur, namun korelasi kedua sifat tersebut jarang ditemukan. Nilai rendemen pulp dipengaruhi juga oleh beberapa faktor seperti waktu pemasakan, dan komposisi larutan pemasak (Wistara et al., 2015).

Meskipun kadar kimia kayu mempengaruhi kualitas pulp dan kertas yang dihasilkan, namun nilai tersebut kadang diabaikan pada kayu yang memiliki nilai produktivitas tinggi. Rendemen pulp dan kerapatan kayu yang tinggi lebih disukai sebagai bahan baku pulp meskipun memiliki kadar ekstraktif dan lignin yang tinggi (Magaton et al., 2009). Kayu yang memiliki produktivitas pulp yang tinggi dan konsumsi kayu rendah, menjadi pertimbangan utama dalam pemilihan suatu jenis pohon untuk dijadikan bahan baku pulp dan kertas, mengingat peningkatan rendemen pulp dan kerapatan membutuhkan waktu yang lama dalam proses pemuliaan pohon dan peningkatan sifat-sifatnya. Menemukan jenis baru yang memiliki nilai produktivitas pulp yang tinggi lebih sulit daripada peningkatan kualitas pulp dan kertas yang memiliki kadar ekstraktif dan lignin yang tinggi bisa dilakukan melalui

perlakuan bahan kimia. Hal tersebut dapat dilihat dari sedikitnya jenis pilihan yang dijadikan bahan baku pulp dan kertas (Nambiar & Harwood, 2014b).

Kandungan kimia kayu dan rendemen pulp krasikarpa umur 1 tahun berbeda dengan umur 2–4 tahun. Meskipun memiliki kadar selulosa dan lignin yang tinggi, namun rendemen pulp krasikarpa umur 1 tahun yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan umur 2–4 tahun. Idealnya, kayu yang memiliki kadar selulosa yang tinggi dan lignin yang rendah menghasilkan rendemen yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh serat pada umur 1 tahun memiliki serat pendek, sehingga lolos dalam penyaringan. Menurut Rulliaty (2008) karakteristik dimensi serat kayu juvenil pada awal pertumbuhan lebih pendek dan dinding sel lebih tipis. Sifat kimia kayu dan pulp krasikarpa umur 2 tahun memiliki sifat yang sama dengan beberapa pustaka. Kadar selulosa dan lignin krasikarpa umur 2 tahun mulai stabil dan tidak jauh berbeda dengan umur 4 tahun. Namun nilai produktivitas pulp dan konsumsi kayu krasikarpa umur 2 tahun belum mencapai kondisi optimum, begitu juga kadar lignin dan selulosa krasikarpa umur 4 tahun pun tidak jauh berbeda dengan umur 5 dan 6 tahun (Sugesty et al., 2015; Suhartati et al., 2013).

IV. KESIMPULAN

Sifat kimia kayu dan pulp krasikarpa dipengaruhi oleh perubahan umur, diantaranya penurunan selulosa, peningkatan ekstraktif, lignin, dan kerapatan serta penurunan rendemen pulp. Pada umur 1 tahun kadar selulosa dan lignin kayu sangat signifikan berbeda dengan umur 2–4 tahun, sedangkan ekstraktif sangat signifikan pada umur 4 tahun. Kadar selulosa cenderung stabil dari umur 2–4 tahun, sementara lignin mengalami penurunan namun tidak signifikan, sedangkan kerapatan kayu, rendemen pulp, produktivitas pulp dan konsumsi kayu dipengaruhi oleh umur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT. Arara Abadi selaku pemberi dana dan fasilitas, Bambang Herdyantara selaku Kepala Departemen Pemuliaan Pohon, dan kepada Indra

Gunawan, Pasim, Ali Masadi, dan Ali Mahmudi selaku teknisi Laboratorium Teknologi Kayu yang telah membantu mulai dari pengambilan sampel hingga analisis sampel.

KONTRIBUSI PENULIS

Ide, desain dan rancangan percobaan dilakukan oleh OTA dan R. Pengambilan data dilakukan oleh OTA dan R. Analisis data dilakukan oleh OTA dan YA. Penulisan manuskrip dilakukan oleh OTA, YA dan R. Perbaikan dan finalisasi manuskrip dilakukan oleh OTA dan YA.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrachman, & Hadjib, N. (2013). Pengaruh umur tanaman terhadap kerapatan kayu mangium (*Acacia mangium* Willd.) dan krasikarpa (*Acacia crassikarpa*) di areal hutan tanaman lahan rawa PT. Bina Sylva Nusa Kalimantan Barat. Dalam Suhasman, M. Arif, Muin et al. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia (Mapeki) XVI* (pp. 73–76).
- Arara Abadi. (2001). Penetapan kandungan selulosa dalam kayu. Perawang: PT. Arara Abadi.
- Bowyer, J. L., Shmulsky, R., & Haygreen, J. G. (2007). *Forest products and wood science: An introduction* (5th ed.). Iowa: Iowa State Press.
- Cahyono, T. D., Darussalam, U., Wahyudi, I., Priadi, T., Febrianto, F., Darmawan, W., Novriyanti, E. (2015). The quality of 8 and 10 years old samama wood (*Anthocephalus macrophyllus*). *Journal of the Indian Academy of Wood Science*, 12(1), 22–28., doi: 10.1007/s13196-015-0140-8.
- Casey, J.P. (1952). *Pulp and paper. Chemistry and chemical technology* (1st ed.). New York: Interscience Publishers.
- Darmawan, W., Nandika, D., Rahayu, I., & Fournier, M. (2013). Determination of juvenile and mature transition ring for fast growing sengon and jabon wood. *Journal of the Indian Academy of Wood Science*, 10(1), 39–47. doi: 10.1007/s13196-013-0091-x

- Fengel, D. & Wegener, G. (1995). Kayu: Kimia, ultrastruktur, reaksi-reaksi. Penerjemah Hardjono Sastrohamidjojo. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Golani, G., Siregar, S. T., & Gafur, A. (2009). Tree improvement and silviculture research progress at PT. Riau Andalan Pulp and Paper APRIL Group-Challenges and Opportunitie. Dalam *Proceedngs International Seminar Research on Plantation Forest Management: Challenges and Opportunities* (p. 2009). Bogor.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2016). Statistik Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2015. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Kementerian Perindustrian. (2016). Laporan kinerja Kementerian Perindustrian tahun 2015. Jakarta.
- Lukmandaru, G. (2012). Komposisi ekstraktif pada kayu mangium (*Acacia mangium*). Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis, 10(2), 150–158.
- Magaton, A. da S., Colodette, J. L., Gouvêa, A. de F. G., Gomide, J. L., Muguet, M. C. D. S., & Pedrazzi, C. (2009). Eucalyptus wood quality and its impact on kraft pulp production and use. *Tappi Journal*, 8(35), 32–39.
- Mendham, D., & Rimbawanto, A. (2015). Project increasing productivity and profitability of Indonesian smallholder plantations. *Final Report*. T. Bartlett (Ed., 1st ed.). Canberra: ACIAR.
- Muslim, D. B. (2013). Komunikasi pribadi (peneliti silvikultur).
- Nambiar, E. K. S. & Harwood, C. E. (2014a). Productivity of acacia and eucalypt plantations in South-East Asia. 1. Bio-physical determinants of production: opportunities and challenges. *International Forestry Review*, 16(2), 225–248. doi: 10.1505/146554814811724757.
- Nambiar, E. K. S., & Harwood, C. E. (2014b). Productivity of acacia and eucalypt plantations in South-East Asia. 2. Trends and variations. *International Forestry Review*, 16(2), 225–248. doi: 10.1505/146554814811724757.
- Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jamnadass, R., & Anthony S. (2009). Agroforestry database: A tree reference and selection guide version 4.0. Diakses dari <http://worldagroforestry.org> pada tanggal 15 November 2016.
- Osman, S. O., Ahmed, H. A., & Yaseen, A. A. (2015). Study the effect of age on wood chemical compounds of *Eucalyptus camaldulensis* and *Populus nigra* growing in Erbil Governorates. *International Journal of Life Sciences Research*, 3(4), 61–66. Diakses dari www.researchpublish.com pada tanggal 9 Mei 2016.
- Rulliaty, S. & Basri, E. (2008). Karakteristik kayu muda pada mangium (*Acacia mangium* Willd.) dan kualitas pengeringannya. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 26(2), 1–18.
- Scandinavian Pulp, Paper and Board - SCAN. (1995). SCAN-CM 43;95. *Basic density*. Stockholm.
- Segura, T. T., Zanao, M., Santos, J. R., & Silva Jr, F. (2012). Kraft Pulping of the main hardwoods used around the world for pulp and paper production. *TAPPI PEERS*. (pp. 1592–1623).
- Siahaan, H., & Sumadi, A. (2016). Tabel tegakan hutan tanaman industri lahan basah di Kabupaten Ogan Komering Ilir Sumatera Selatan. Dalam Harbagung & M. Rahmat (Eds., 1st ed., Vol. 4). Palembang: Universitas Muhammadiyah Palembang.
- Smook, G. A. (2003). Handbook for pulp and paper technologists. (3rd Edition). Canada: Angus Wilde Publications, Inc.
- Prosea. (1995). Lemmens, R. H. M. J., Soerianegara, I & Wong, W.C. (eds). *Plant Resources of South-East Asia No 5 (2). Timber trees : minor commercial timber*. Genus: *Acacia*. Backhuys Publishers, Leiden.

- Sugesty, S., Kardiensyah, T., & Pratiwi, W. (2015). Potensi *Acacia crassiparva* sebagai bahan baku pulp kertas untuk hutan tanaman industri. *Jurnal Selulosa*, 5(1), 21–32.
- Suhartati, Aprianis, Y., Pribadi, A., & Rochmayanto, Y. (2013). Kajian dampak penurunan daur tanaman *Acacia crassiparva* A. Cunn terhadap nilai produksi dan sosial. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 10(2), 109–117.
- Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI). (1997). Solvent extractives of wood and pulp (Proposed revision of T 204 cm-97). TAPPI Press: Atlanta, GA.
- Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI). (2002). T 257 cm-02 Standard. Sampling and preparing wood for analysis Standard Practice. TAPPI Press: Atlanta, GA.
- Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI). (2006a). Acid-insoluble lignin in wood and pulp (Reaffirmation of T 222 om-06 Standard), 1–7. TAPPI Press: Atlanta, GA.
- Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI). (2006b). Basic density and moisture content of pulpwood (Reaffirmation of T 258 om-02 Standard). TAPPI Press: Atlanta, GA.
- Wistara, N. J., Carolina, A., Pulungan, W. S., Emil, N., Lee, S. H., & Kim, N. H. (2015). Effect of tree age and active alkali on kraft pulping of white jabon. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 43(5), 566–577. doi: 10.5658/WOOD.2015.43.5.566

Lampiran 1. Sidik ragam perbedaan umur terhadap kimia kayu, kerapatan dan sifat pulp kayu krasikarpa

Appendix 1. One way-ANOVA of age difference to chemical content, basic density, and pulp properties of krasikarpa wood

Umur (Age)	Sumber Keragaman (Source)	Kadar Ekstraktif (Extractive content)	Kadar selulosa (cellulose content)	Kadar Lignin (Lignin content)	Kerapatan Kayu (Basic density)	Rendemen Pulp (Pulp yield)	Produktivitas Pulp (Pulp productivity)	Konsumsi Kayu (Wood consumption)
	Derajat Bebas (DF)	3	3	3	3	3	3	3
1-4 tahun (1-4 years old)	Jumlah Kuadrat (SS)	3,517	751,528	721,647	28242,867	82,78	8181,826	3,869
	Kuadrat Tengah (MS)	1,172	250,509	240,549	9414,289	27,593	2727,275	1,290
	F hitung (F)	4,310	48,360	73,359	6,13	12,143	5,636	5,452
	Probabilitas (P)	0,013**	0,000**	0,000**	0,002**	0,000**	0,003**	0,003**

Keterangan (Remark): *Signifikan pada selang kepercayaan 95%; **Signifikan pada selang kepercayaan 99%; NS = Tidak signifikan (*Significant at 95%; **Significant at 99%; NS = Not significant)