



HUBUNGAN *SPECIFIC GRAVITY* KAYUDAUN TERHADAP SERAT DAN KUALITAS PULP

Wawan Kartiwa Haroen

Balai Besar Pulp dan Kertas

Jl. Raya Dayeuhkolot No. 132, Bandung

Diterima : 26 Juli 2017, Revisi akhir : 22 Desember 2017, Disetujui terbit : 30 Desember 2017

THE RELATIONSHIP OF HARDWOOD SPECIFIC GRAVITY TO FIBER AND PULP QUALITY

ABSTRACT

The demand for hardwood pulp increased due to the limited hardwood in several countries and its advantage as raw material for paper or paper boards. The hardwood has a specific gravity ranging from low to high that causes the quality of pulp produced not uniform. The observation of specific gravity, fiber morphology, and chemical content of hardwood; and the quality of hardwood pulp have been done. FAO data were used to evaluate the fiber length, fiber wall, lignin, extractives, Kappa Number, and the quality of sulphate pulp. The sulfidity, active alkali, solid to liquor ratio, temperature, and cooking time of pulping process were 25%, 17%, 1 :4, 170°C, and 3.5 hours, respectively. The specific gravity of hardwood in the range of 0.30 to 0.99 was grouped into seven classes and analyzed by statistical regression. The specific gravity of the hardwood was associated with fiber morphology, chemical content, pulping, and pulp quality. The results showed that the specific gravity of wood affects certain parameters with regression equation model that can be used for the selection of wood raw materials for sulphate pulping. There is a tendency that the specific gravity can influence the hardwood fiber wall thickness, lignin content, pulp yield, Kappa Number, and the physical properties of pulp for tear and tensile strength.

Keywords: specific gravity, fiber morphology, physical properties of pulp, regression

ABSTRAK

Permintaan terhadap pulp kayudaun terjadi peningkatan akibat terbatasnya kayudaun di beberapa negara dan keunggulannya sebagai bahan baku kertas atau karton. Kayudaun memiliki *specific gravity* rendah sampai tinggi, menyebabkan kualitas pulp yang dihasilkan tidak seragam. Pengamatan *specific gravity*, morfologi serat, dan kandungan kimia kayudaun, serta kualitas pulp telah dilakukan. Evaluasi dilakukan menggunakan data FAO terhadap panjang serat, dinding serat, kadar lignin, ekstraktif, bilangan Kappa, dan kualitas pulp sulfat. Kondisi pemasakan sulfiditas 25%, alkali aktif 17% , ratio 1:4, suhu 170 °C, dan waktu 3,5 jam. *Specific gravity* kayudaun 0,30-0,99 dikelompokkan kedalam tujuh kelas dan dianalisis dengan statistik regresi. *Specific gravity* kayu sebagai data tetap dihubungkan dengan morfologi serat, kimia kayu, *pulping*, dan kualitas pulp. Hasil menunjukkan bahwa *specific gravity* mempengaruhi parameter tertentu dengan model persamaan regresi yang dapat digunakan untuk seleksi bahan baku *hardwood* untuk pembuatan pulp sulfat. Terdapat kecenderungan bahwa *specific gravity* kayudaun dapat mempengaruhi ketebalan dinding serat, kadar lignin, rendemen pulp, bilangan Kappa, sifat fisik pulp untuk sobek, dan tarik.

Kata kunci: *specific gravity*, morfologi serat, sifat fisik pulp, regresi

PENDAHULUAN

Pemakaian kayu sebagai bahan baku pulp di Indonesia berlangsung sekitar tahun 1970-an. Saat itu, sumber daya alam hutan mulai dimanfaatkan secara optimal untuk menunjang devisa negara. Pada tahun 1960-an bahan baku pulp memanfaatkan potensi lokal dari limbah pertanian atau pekebunan untuk menunjang industri pulp dan kertas di Indonesia. Sejak jaman Belanda pabrik kertas dikaitkan dengan potensi daerah seperti Jawa Barat terkenal dengan pertanian padi yang luas, menghasilkan limbah berupa jerami dan merang, maka didirikanlah pabrik kertas berbahan baku jerami dan merang di Padalarang. Tanaman tebu banyak tumbuh di Jawa Timur untuk menunjang pabrik gula dan menghasilkan limbah berupa ampas tebu (bagas), maka dibangun pabrik kertas Leces dan di Aceh tumbuh tanaman pinus alam. Adanya kemajuan teknologi pulp di abad ke 20, pabrik pulp kertas kraft dibangun di Lhokseumawe Aceh berbahan baku kayu pinus. Pada abad ke 21 sampai sekarang hampir 90% industri pulp di Indonesia menggunakan bahan baku kayu dari hutan tanaman. Adanya peraturan pemerintah tentang izin pemanfaatan kayu yang beragam dari hutan tropis seperti umur, jenis dan lokasi hutan, mengakibatkan kualitas pulp bervariasi. Penggunaan kayu untuk menghasilkan 1 ton pulp kimia diperlukan 4,5-5,0 m³ kayu gelondongan. Dengan demikian, pabrik pulp yang memproduksi 1.000 ton/hari memerlukan kayu gelondongan setara 4.500-5.000 m³kayu/hari atau hutan yang ditebang seluas 20-22 ha/hari dengan riap tumbuh pohon 225 m³/ha (Haroen, 2016).

Konsumsi kayu untuk bahan baku pulp yang tinggi mengakibatkan pemanfaatan jenis kayu menjadi maksimal. Masalah tersebut berdampak terhadap mutu pulp berfluktuasi dan kemungkinan kualitasnya menurun. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kualitas pulp di antaranya *specific gravity*, menurut (Casey, 1980), kayu untuk bahan baku pulp diutamakan memiliki *specific gravity* kurang dari 0,8. *Specific gravity* lebih tinggi akan berpengaruh terhadap proses *pulping* terutama penggunaan bahan kimia (Gomide, Neto and Regazzi, 2010).

Specific gravity kayu adalah perbandingan antara densitas kayu dengan densitas air pada suhu 4°C (Casey, 1980; Auty *et al.*, 2014). *Specific gravity* kayu berpengaruh terhadap kualitas pulp dan berhubungan langsung terhadap

rendemen, kadar lignin, diameter serat dan derajat kecerahan pulp (Magaton *et al.*, 2009; Santos *et al.*, 2012). *Specific gravity* berguna untuk menentukan penggunaan akhir di industri kehutanan (Jyske, Mäkinen and Saranpää, 2008), menghitung biaya transportasi, dan memprediksi kekuatan fisik pulp, sifat dan daya tahan kayu sebagai konstruksi. Semakin tinggi *specific gravity* kayu, semakin baik kekuatannya dan semakin mahal harganya untuk bahan konstruksi. Namun, hal ini tidak berlaku untuk industri pulp karena *specific gravity* kayu untuk bahan baku pulp harus ringan sampai sedang dengan kisaran 0,35-0,65 (Miranda, Gominho and Pereira, 2012). Vademecum Kehutanan Indonesia (Direktorat Jenderal Kehutanan, 1976) membahas tentang klasifikasi bahan baku kayu untuk pulp yang memiliki *specific gravity* rendah akan menghasilkan *Permanganat Number* (PN) atau bilangan Kappa (KN) nya akan rendah, konsumsi kimia alkali rendah, rendemen pulp tinggi, panjang putus, daya retak, dan daya regang tinggi. Faktor yang mempengaruhi *specific gravity* pada kayu adalah umur pohon, jenis tanaman, lokasi tumbuh tanam, dan genetik. *Specific gravity* kayu dapat menyebabkan perbedaan dinding sel, ukuran serat, jumlah, dan tipe sel pembuluh. Selain itu, *specific gravity* kayu berpengaruh juga terhadap kualitas serpih dan energi penyerpihan. Semakin tinggi *specific gravity*, ukuran serpih tidak standar dan energi saat penyerpihan tinggi (Fulvio, Eriksson and Bergström, 2015) which store excess energy from a diesel engine during periods of low loading for use during peak loading times, may yield higher energy efficiency compared to direct diesel-powered comminuting systems. In order to design hybrid chippers, a series of data are required on the load variations, in order to estimate the amount of energy that needs to be stored, and the peak power required. As a consequence, a detailed knowledge of the effects of wood properties on the direct power consumption during chipping is relevant. Therefore, the objectives of this work were to study the effects of wood properties (size and density). *Specific gravity* waktu *pulping* dapat mempengaruhi penggunaan bahan kimia lebih tinggi dan penetrasi cairan pemasak pada serpih lebih lambat.

Secara umum, kayu sebagai sumber serat pulp diperlukan seleksi dan diamati secara fisik atau kimia. Parameter yang perlu diperhatikan seperti warna kayu, *specific gravity*, morfologi serat,

Tabel 1. Persyaratan Kayu untuk Bahan Baku Pulp

Sifat kayu	Kualitas pulp		
	Baik	Cukup	Kurang
Warna kayu	Putih-kuning	Coklat-hitam	Hitam
<i>Specific gravity</i>	< 0,50	0,50-0,60	0,60
Panjang serat,mm	>1,6	0,9-1,6	<0,90
Holoseulosa,%	>65	60-65	<60
Lignin, %	< 25	25-30	30
Ekstraktif,%	< 5	5-7	>7

(Vademecum Kehutanan Indonesia)

Tabel 2. Klasifikasi Kayu berdasarkan *Specific Gravity* dan Jenis Pulp yang Sesuai

	Klasifikasi kayu			
	Ringan sekali	Ringan	Sedang	Berat
Densitas (kg/m ³)	<250	251- 450	451-800	>800
<i>Specific gravity</i>	<0,250	0,251-0,450	0,451-0,800	>0,800
Jenis pulp	Mekanis	Kimia dan mekanis	Kimia	Kimia

dan kimia kayu. Warna kayu dipilih lebih terang dengan *specific gravity* rendah akan menghasilkan kualitas pulp lebih baik. Persyaratan tersebut dapat memprediksi untuk menghasilkan kualitas pulp secara maksimal. Persyaratan dan kriteria kayu sebagai bahan baku pulp perlu diperhatikan seperti yang tertera pada Tabel 1.

Pulp sulfat atau pulp kraft diperkenalkan secara komersil tahun 1885 di Swedia (Johakimu, 2007). Kertas pulp sulfat memiliki kekuatan fisik dan formasi serat sangat baik sehingga proses pulp sulfat sampai sekarang masih tetap bertahan dan menguasai teknologi *pulping* untuk memproduksi pulp dunia. Semua jenis tanaman memiliki serat selulosa dapat digunakan untuk bahan baku pulp. Namun, pemilihan kayu perlu diperhatikan dari sisi teknis dan ekonomisnya (Kartiwa,1998). Faktor teknis yang dimaksud, antara lain *specific gravity* dan sifat tanaman. Hal ini diperlukan untuk memperoleh kualitas pulp optimal dengan biaya yang ekonomis. Kayudaun tropis banyak jenisnya mencapai lebih dari 400 jenis (Vademecum,1976); Atlas Kayu Indonesia 2005). Kayu yang terpilih secara komersil untuk pulp telah dipertahankan dan dibudidayakan untuk menjaga kelangsungan industrinya. Namun, perlu dipertimbangkan bahwa pemanfaatan kayudaun belum dikenal sebagai kayu alternatif bahan serat

pulp dan perlu dikaji terlebih dahulu. Kayu dari hutan tropis campuran terdiri dari dua jenis kayu atau lebih memiliki sifat kimia dan fisik yang berbeda, seperti *specific gravity*, morfologi serat, dan kandungan kimia, yang berakibat kualitas pulp tidak seragam atau tidak standar. Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan pemilihan kayu dengan *specific gravity* yang variasinya tidak terlalu lebar. Kajian dan pendekatan simulasi analisa statistik diharapkan dapat membantu memberikan kontribusi kepada produsen pulp untuk menganalisis *specific gravity* kayu yang akan digunakan. *Specific gravity* kayu untuk pulp dikelompokkan ke dalam berat, sedang, ringan, dan ringan sekali. Massa jenis dapat memprediksi jenis pulp yang akan diproduksi. *Specific gravity* kayu ringan sekali cocok digunakan untuk pulp mekanis karena lebih mudah diproses dan hemat energi pada saat penguraian serat di mesin *refiner*. *Pulping* pada kayu dengan *specific gravity* yang berat akan memerlukan bahan kimia pemasak lebih tinggi dan penguraian serat memerlukan energi yang tinggi juga. Secara umum, *specific gravity* untuk jenis pulp yang dipersyaratkan tertera pada Tabel 2. Hasil kajian ini diharapkan dapat memprediksi kualitas pulp sulfat berbahan baku kayudaun tropis dengan *specific gravity* yang berbeda.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Data *specific gravity* dan contoh kayudaun tropis diperoleh dari Navarro (Unido), kayu berasal dari hutan tropika di Sumatera, Kalimantan, Philipina dan Suriname seperti disajikan pada Tabel 3.

Metode

Kayudaun yang memiliki *specific gravity* 0,33 sampai 0,93 merupakan contoh terpilih dan dikelompokkan sesuai kelasnya dengan interval 0,9. *Specific gravity* dikelompokkan menjadi tujuh kelas interval yang ditentukan dengan statistik seperti pada Tabel 4. Contoh kayu diambil secara acak sebanyak 22 jenis tanaman seperti Tabel 4. Sebanyak 3-5 contoh kayu diambil secara acak untuk mewakili kelas *specific gravity*-nya. Pembuatan pulp sulfat dengan kondisi alkali aktif (AA) 17 %, sulfiditas (S) 25%, suhu (T) 170°C, dan rasio 1:4. Evaluasi lembaran pulp belum putih pada freeness 400 mL CSF. Analisis statistik dilakukan terhadap para meter panjang serat, tebal dinding serat, kandungan ekstraktif, kandungan lignin, rendemen pulp sulfat, sisa alkali pemasakan, bilangan Kappa (kematangan pulp), indeks sobek, indeks retak, ketahanan lipat dan panjang putus. Pengolahan data menggunakan regresi persamaan $y=ax+b$ dan kedekatan data dengan model tersebut dievaluasi koefisien determinasi (R^2). Pengamatan dilakukan terhadap 3 kelompok, yaitu kelompok 1 hubungan *specific gravity* terhadap panjang serat, tebal dinding serat, ekstraktif, dan lignin; kelompok 2 hubungan *specific gravity* terhadap rendemen

pulp, kematangan pulp (KN), sisa alkali aktif, dan kandungan ekstraktif dalam pulp dan kelompok 3 hubungan *specific gravity* terhadap sifat fisik lembaran pulp.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data pada Tabel 4, panjang serat kayudaun tropis memiliki kisaran panjang serat 1,13-1,83 mm. Menurut klasifikasi panjang serat Klemm (Casey, 1980), serat kayudaun tropis termasuk serat sedang sampai panjang (>1,6 mm) dengan rata 1,44 mm, sedangkan tebal dinding seratnya 0,25-18,75 μm tergolong ke dalam dinding serat tipis sampai tebal. Dengan demikian, kayudaun tropis tersebut memiliki kualitas kayu kelas II dan III sebagai bahan baku pulp. Kayu tersebut memiliki *specific gravity* ringan sampai berat, dinding serat tipis sampai tebal dan lumen serat kecil sampai sedang. Diprediksi bahwa sifat fisik lembaran pulpnya memiliki kekuatan sobek, retak baik atau sedang (Direktorat Jenderal Kehutanan, 1976).

Specific Gravity dan Morfologi Serat

Kayudaun tropis dengan *specific gravity* 0,3-0,9 dilakukan pengamatan terhadap panjang seratnya menunjukkan bahwa dengan bertambahnya nilai *specific gravity* tidak banyak berpengaruh terhadap perubahan panjang serat secara signifikan. Terlihat hasil analisis regresi memiliki koefisien regresi sangat kecil yaitu $R^2=0,113$ dengan persamaan $Y=0,035x + 1,298$. Beberapa pendapat mengutarakan bahwa panjang serat atau panjang sel banyak dipengaruhi oleh sifat genetik atau gen yang diturunkan induknya pada setiap individu atau spesies tanaman.

Tabel 3. Pengelompokkan Spesies Kayu berdasarkan *Specific Gravity*

<i>Specific gravity</i>	Spesies tanaman
0,30-0,39	<i>Anthocephalus</i> sp., (0,33), <i>Albasp.</i> , (0,38), <i>Maesopsis</i> sp., (0,39)
0,40-0,49	<i>Sterculiasp.</i> , (0,42), <i>Drypetessp.</i> , (0,46), <i>Sapium</i> sp., (0,48)
0,50-0,59	<i>Pneroma</i> sp., (0,50), <i>Sclerolobiumsp.</i> , (0,53), <i>Bombaxsp.</i> , (0,56), <i>Peltogyne</i> sp.,
0,60-0,69	<i>Pterocarpussp.</i> , (0,62), <i>Caryocarpasp.</i> , (0,68), <i>Manilkara</i> sp., (0,66)
0,70-0,79	<i>Diospyros</i> sp., (0,72), <i>Marapat.</i> , (0,76), <i>Duroira</i> sp., (0,74)
0,80-0,89	<i>Simarouba</i> sp., (0,86), <i>Homalium</i> sp., (0,83), <i>Pometiasp.</i> , (0,80)
0,90-0,99	<i>Heronima</i> sp., (0,90), <i>Poribea</i> sp., (0,92), <i>Manilkara</i> sp., (0,93)

Tabel 4. *Specific Gravity* Kayu, Morfologi Serat, Kimia, dan Kualitas Pulp (Rataan dari 22 Species)

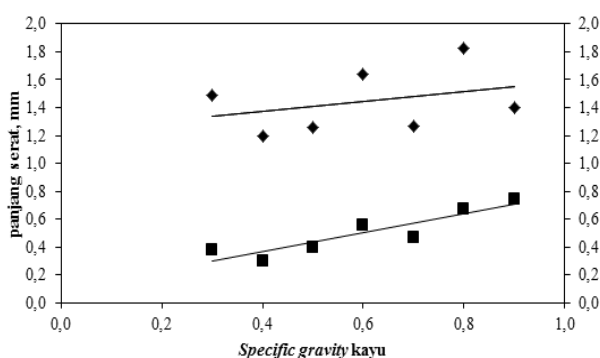
<i>Specific gravity</i>	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Interval <i>specific gravity</i>	0,3-0,39	0,4-0,49	0,5-0,59	0,6-0,69	0,7-0,79	0,8-0,89	0,9-0,99
Panjang serat, mm	1,49	1,20	1,26	1,64	1,27	1,83	1,40
Tebal dinding serat, μm	3,83	3,00	4,00	5,58	4,67	8,67	7,42
Rendemen pulp, %	50,37	47,70	49,17	47,78	49,22	46,42	47,03
Sisa alkali, g/L	3,20	3,73	3,47	3,07	4,27	6,00	5,73
Lignin, %	24,10	24,23	23,77	25,00	28,77	30,40	28,87
Ekstraktif kayu, %	2,28	3,80	2,64	2,79	4,84	3,06	2,10
Bilangan Kappa	27,00	32,60	22,83	38,23	38,97	31,03	37,63
Ekstraktif pulp, %	0,40	0,80	0,39	0,54	0,46	0,37	0,55
Indeks sobek, mN/kg	0,81	0,84	0,78	0,86	0,79	0,64	0,55
Indeks retak, Nm^2/kg	1,69	1,51	1,98	2,06	2,10	1,74	1,62
Panjang putus, m	7800	7200	6733	8033	6766	4866	5666
Ketahanan lipat, kali	46	56	54	39	31	18	13

Keterangan :

Kondisi pemasakan AA: 15 %, Sulfiditas : 25%, Suhu 170°C, Ratio 1:4, Freeness 400 ml CSF,

Specific gravity 0.30-0.99 (diolah dari Navarro (1976))

Panjang serat dapat berubah apabila dilakukan secara genetik melalui perkawinan silang atau radiasi. *Specific gravity* kayu sangat berpengaruh terhadap ketebalan dinding serat, semakin tinggi *specific gravity* kayu, maka dinding serat semakin tebal dengan nilai $R^2=0,728$ pada persamaan $Y = 0,813x + 2,055$. Sifat ini memperlihatkan bahwa *specific gravity* kayu dapat mempengaruhi terhadap dinding serat. *Specific gravity* kayu semakin tinggi akan diikuti dengan pembentukan dinding serat lebih tebal, dibandingkan pada kayu yang memiliki *specific gravity* lebih rendah. Hasil dan pendapat seperti ini dinyatakan juga oleh Casey (1980), yang menyebutkan bahwa



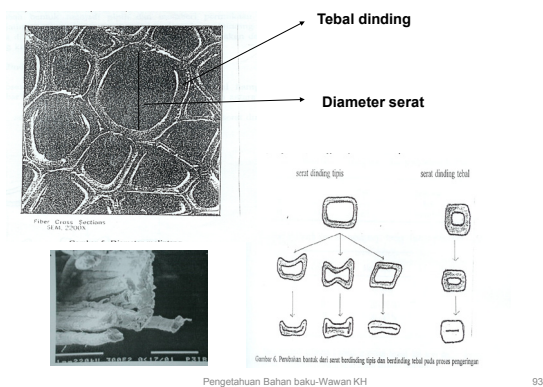
Gambar 1. Hubungan *Specific Gravity* Kayu terhadap Morfologi Serat
(♦: panjang serat, ■: tebal dinding)

specific gravity kayu dapat dipengaruhi oleh tebal dinding serat (Gambar 1).

Gambar 1 memperlihatkan semakin tinggi *specific gravity* kayu, semakin tebal dinding serat tanaman, sedangkan untuk panjang seratnya tidak dipengaruhi oleh *specific gravity*. Simulasi dan prediksi ini untuk melihat bagaimana perubahan *specific gravity* kayu terhadap tebal dinding serat yang diformulasikan dengan model persamaan $Y = 0,813x + 2,055$. Simulasi menunjukkan bahwa *specific gravity* kayu dapat mempengaruhi ketebalan dinding serat. Oleh karena itu, *specific gravity* kayu ringan diprediksi memiliki dinding serat tipis sehingga lebih mudah terurai dan terfibrilasi pada proses *pulping*, sedangkan pada pembuatan kertas seratnya lebih mudah memipih seperti pada Gambar 2.

Specific Gravity terhadap Lignin dan Ekstraktif

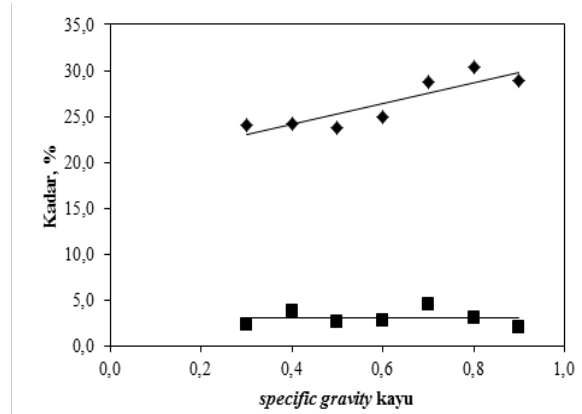
Pengaruh *specific gravity* kayu terhadap kimia kayu untuk lignin dan ekstraktif (Gambar 3). Menurut (Schimleck *et al.*, 2009) sifat kimia ini sangat kuat kaitannya dengan *specific gravity* dari tanamannya. Hasil kajian menunjukkan kadar lignin yang tinggi dapat dipengaruhi oleh meningkatnya *specific gravity* kayu dan berkontribusi terhadap kandungan lignin dengan koefisien $R^2 = 0,768$ pada persamaan $Y = 1,130x + 21,92$. Kayudaun yang memiliki metoksil lebih



Gambar 2. Diameter, Tebal Dinding Serat Kayudaun (Haroen, 2016)

tinggi, akan menghasilkan lignin terlarut yang tinggi. Semakin tinggi kadar lignin pada kayu, maka ikatan antar serat kayu lebih kuat (Nawawi, 2017 ; Zobel 2012). Pada proses *pulping*, lignin tinggi memerlukan bahan kimia lebih tinggi, karena adanya hubungan reaktifitas lignin pada kayu (Matsushita *et al.*, 2007). Hasil penelitian lignin kayudaun lebar dari genus *Eucalyptus* dan Akasia (Nawawi *et al.*, 2017) memperlihatkan bahwa kayudaun lebar memiliki lignin terlarut asam berkisar 1,5% - 5,0%. Kandungan ekstraktif kayudaun tidak banyak dipengaruhi oleh *specific gravity* kayu. Hal ini berarti bahwa tinggi rendahnya *specific gravity* kayudaun tidak mempengaruhi kandungan ekstraktifnya (Gambar 3 dan Tabel 3). Hal ini menunjukkan bahwa kadar ekstraktif kayu tidak dapat diprediksi melalui *specific gravity* kayu (Gambar 3) terlihat grafik yang mendatar dan nilai $R^2 = 0,002$ sangat kecil dengan persamaan $Y = -0,004x + 3,047$.

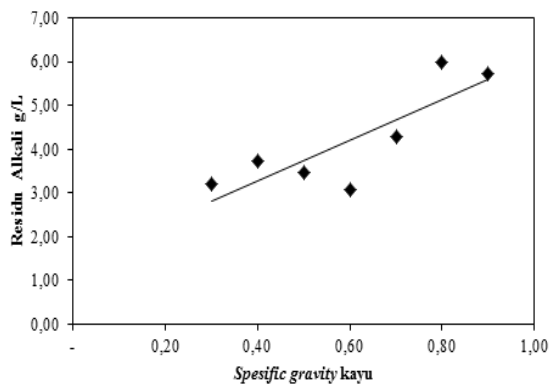
Kadar lignin kayudaun tropis yang dianalisis berkisar 22,10-39,40% atau rata-rata 27,04%. Kayu termasuk kedalam klasifikasi yang memiliki lignin sedang sampai tinggi seperti dijelaskan dalam Vademecum Kehutanan Indonesia (Direktorat Jenderal Kehutanan, 1976) dan Nawawi (2017), sedangkan kadar ekstraktif antara 1,09-11,41% dengan nilai rata-rata 3,07%. Kadar ekstraktif yang rendah akan menghasilkan pulp dengan noda sedikit terdapat pada kayu *Anthocephalus* sp. (0,33), *Alba* sp. (0,38), *Maesopsis* sp. (0,39), *Sterculia* sp.(0,42), *Drypetes* sp. (0,46), dan *Sapium* sp.(0,48), sedangkan nilai ekstraktif



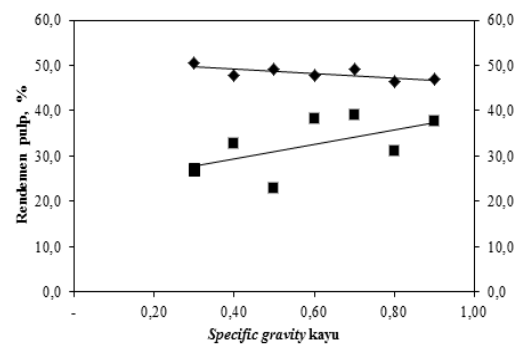
Gambar 3. Hubungan *Specific Gravity* Kayudaun terhadap Lignin dan Ekstraktif Kayu (♦: lignin, ■: ekstraktif)

tertinggi pada kayu *Heronima* sp.(0,90), *Poribea* sp.(0,92), dan *Manilkara* sp. (0,93). *Specific gravity* kayu untuk pulp dipersyaratkan memiliki *specific gravity* kurang dari 0,80; panjang serat lebih dari 0,9 mm; lignin kurang dari 33%; dan ekstraktif kurang dari 5%. Berdasarkan kriteria tersebut maka 22 jenis kayudaun yang dianalisis memenuhi syarat sebagai bahan pulp. Pada proses *pulping* perlu diperhatikan penggunaan bahan kimia pemasak yang berbeda supaya tingkat kematangan pulp yang dihasilkan seragam. Kadar ekstraktif yang tinggi pada kayu akan menimbulkan masalah pada proses *pulping* dan dapat menyebabkan noda pada lembaran pulp. Kendala seperti ini sering ditemukan pada kayudaun campuran lebih dari satu spesies dan *specific gravity* yang beragam. Hal ini dapat berakibat kualitas pulp yang dihasilkan tidak memenuhi kualitas yang diharapkan. Masalah seperti ini perlu dikaji lebih mendalam pada beberapa kondisi pemasakan lainnya.

Pengaruh *specific gravity* terhadap residual alkali pada proses pilp sulfat, untuk 22 jenis kayudaun memiliki *specific gravity* 0,3-0,9 menunjukkan ada pengaruh terhadap residual alkali yang dihasilkan. Semakin tinggi *specific gravity* ada penambahan sisa alkali yang dihasilkan (Gambar 4) dengan persamaan $Y = 0,461x + 2,362$ dan koefisien regresi $R^2 = 0,693$. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi *specific gravity* kayudaun bahan kimia pemasak yang diperlukan harus lebih dibandingkan dengan kayu yang *specific gravity*-nya lebih rendah (Gambar 4).



Gambar 4. Hubungan *Specific Gravity* Kayudaun dan Residual Alkali



Gambar 5. Hubungan *Specific Gravity* Kayudaun Rendemen Pulp dan Bilangan Kappa (◆: Rendemen pulp, ■: Bilangan Kappa)

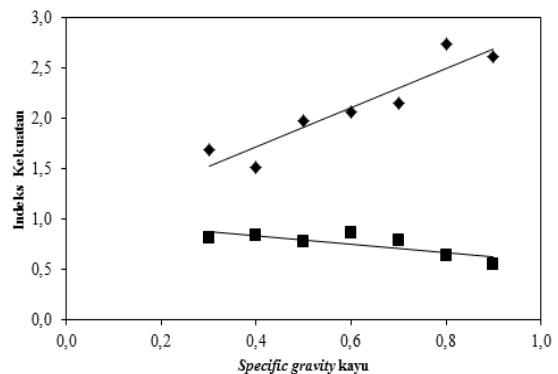
Specific Gravity dan Kualitas Pulp

Specific gravity berpengaruh terhadap rendemen pulp, sisa alkali, dan bilangan Kappa. Rendemen pulp yang dihasilkan dari *specific gravity* kayu yang berbeda menghasilkan rendemen pulp antara 41,60-56,24% (rata-rata 48,67%), kayu memiliki *specific gravity* 0,3 (terendah) menghasilkan rendemen pulp tertinggi dengan bilangan Kappa rendah (Santos *et al.*, 2012) dan sisa alkali aktif rendah. Sementara itu, kayu yang memiliki *specific gravity* lebih tinggi menghasilkan rendemen pulp rendah dengan bilangan Kappa tinggi, menunjukkan bahwa pulp yang dihasilkan belum matang yang ditunjukkan oleh bilangan Kappanya tinggi. Hal ini karena serat kayu yang menjadi pulp jumlahnya lebih sedikit karena bahan kimia pemasak tidak mencukupi atau diperlukan bahan kimia pemasak lebih banyak. Kondisi ini menunjukkan bahwa kayu memiliki *specific gravity* rendah lebih mudah untuk dipulping dengan kualitas pulp lebih baik, dibandingkan dengan kayu yang memiliki *specific gravity* lebih tinggi. Hal ini sejalan dengan penelitian dan pendapat (Casey, 1980; Sixta, 2008).

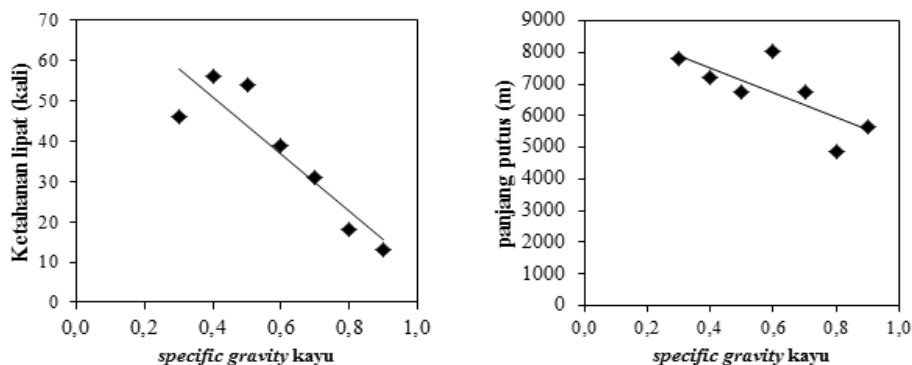
Specific gravity kayu berpengaruh terhadap rendemen pulp dan bilangan Kappa (Gambar 5). Semakin tinggi *specific gravity* kayu, rendemen pulp yang dihasilkan rendah seperti yang ditunjukkan pada persamaan $Y = -0,482x + 50,225$ dan nilai $R^2 = 0,596$. *Pulping* sulfat kayudaun tropis menghasilkan kualitas pulp baik dengan tingkat kematangan pulp atau bilangan Kappa sedang, tergantung *specific gravity* kayunya.

Indeks sobek lembaran pulp akan dipengaruhi oleh *specific gravity kayu* sedangkan indeks retaknya tidak dipengaruhi *specific gravity* (Gambar 6). Semakin tinggi *specific gravity* kayu, indeks sobek yang dihasilkan semakin tinggi ditunjukkan oleh $R^2 = 0,880$ mendekati 1 dengan persamaan $Y = 0,093x + 1,605$. Seperti dikemukakan oleh penelitian terdahulu bahwa indeks sobek lembaran kertas banyak dipengaruhi oleh *specific gravity* bahan baku kayu dan morfologi seratnya (Casey, 1980; Sixta, 2008).

Analisis statistik *specific gravity* kayu terhadap indeks retak tidak menunjukkan hubungan nyata (Gambar 6). Semakin tinggi *specific gravity* kayu tidak berpengaruh terhadap indeks retak pulpnya, ditunjukkan dengan koefisien regresi $R^2 = 0,313$ untuk persamaan $Y = -0,031x +$



Gambar 6. *Specific Gravity* Kayudaun dan Kualitas Pulp (◆: indeks sobek Nm^2/kg , ■: indeks retak MN/kg)



Gambar 7. *Specific Gravity* Kayudaun dan Kualitas Pulp

Tabel 5. Persamaan *Specific Gravity* Kayu

Parameter	Persamaan	R ²	Keterangan
Panjang serat, mm	Y = 0,035x + 1,298	0,113	Tidak berpengaruh
Dinding serat, μ	Y = 0,813x + 2,055	0,727	Saling berpengaruh
Rendemen pulp, %	Y = - 0,482x + 50,225	0,596	Saling berpengaruh
Sisa alkali, %	Y = 0,461x + 2,362	0,693	Saling berpengaruh
Lignin, %	Y = 1,130x + 21,92	0,768	Saling berpengaruh
Ekstraktif kayu, %	Y = - 0,004x + 3,047	0,002	Tidak berpengaruh
Bilangan Kappa	Y = 1,603x + 26,290	0,417	Saling berpengaruh
Ekstraktif pulp, %	Y = - 0,004x + 3,047	0,001	Tidak berpengaruh
Indeks sobek, Nm ² /kg	Y = 0,093x + 1,605	0,880	Saling berpengaruh
Indek retak, mN/kg	Y = - 0,031x + 0,885	0,313	Tidak berpengaruh
Ketahanan lipat, kali	Y = - 6,785x + 65,571	0,771	Saling berpengaruh
Panjang putus, m	Y = - 394,18x + 8300	0,567	Saling berpengaruh

0,885. Hasil analisis menunjukkan bahwa kayu yang diperuntukan sebagai bahan baku pulp usahakan kayunya memiliki *specific gravity* kurang dari 0,70. Kajian dan pertimbangan berdasarkan *specific gravity* kayu diharapkan dapat menghasilkan pulp dengan kualitas standar.

Casey (1980) mengemukakan bahwa, dinding serat dapat mempengaruhi kekuatan sobek ke arah samping dinding serat dan lembaran kertas lebih kuat untuk menahan gaya yang mengenai pada bagian dinding seratnya. Pengaruh *specific gravity* kayudaun tropis terhadap morfologi serat, kimia, *pulping* dan kualitas pulp, dapat diprediksi melalui aplikasi persamaan pada Tabel 5. Persamaan ini dapat digunakan sebagai alat bantu melakukan kajian awal terhadap contoh kayudaun tropis sebagai bahan pulp.

Gambar 7 menunjukkan bahwa *specific gravity* memiliki pengaruh negatif terhadap ketahanan lipat dan panjang putus (*breaking length*) pulp. Menurut Biermann, (1996) dan Zobel (2012), panjang putus lembaran berbanding terbalik dengan *specific gravity* demikian pula dengan ketahanan lipat.

KESIMPULAN

Pengamatan terhadap 22 jenis kayudaun tropis memiliki *specific gravity* 0,30-0,98 dapat diproses sebagai bahan baku pulp proses sulfat, untuk beberapa kriteria bahwa *specific gravity* kayu dapat berpengaruh terhadap tebal dinding serat, rendemen pulp, sisa alkali, lignin, bilangan Kappa, indeks sobek, ketahanan lipat

dan panjang putus. Dinding serat cenderung bertambah tebal sejalan dengan meningkatnya *specific gravity* kayunya, tetapi panjang serat kayu tidak banyak pengaruhnya. *Specific gravity* kayu semakin tinggi dapat berpengaruh terhadap kadar ligninnya, semakin tinggi *specific gravity* kayu maka kadar lignin meningkat sampai batas tertentu. *Specific gravity* kayudaun tropis yang beragam dari rendah sampai tinggi dapat berpengaruh terhadap proses *pulping*. Kayu dengan *specific gravity* tinggi menghasilkan rendemen pulp lebih tinggi, tetapi bilangan Kappa tinggi atau pulp tidak matang. Kayudaun yang memiliki *specific gravity* rendah atau kurang dari 0,70 menghasilkan kualitas pulp lebih baik terutama sifat sobek dan tariknya yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Auty, D., Achim, A., Macdonald, E., Cameron, A. D. and Gardiner, B. A. (2014) 'Models for predicting wood density variation in Scots pine', *Forestry*, 87(3), pp. 449–458.
- Biermann, C. J. (1996) *Handbook of Pulping and Papermaking*. Elsevier Science & Technology Books.
- Casey, J. P. (1980) *Pulp and paper : chemistry and chemical technology*. Wiley.
- Direktorat Jenderal Kehutanan, D. P. (1976) *Vademecum Kehutanan Indonesia*. Departemen Pertanian.
- Atlas Kayu Indonesia (2005). Departemen kehutanan
- Fulvio, F. Di, Eriksson, G. and Bergström, D. (2015) 'Effects of Wood Properties and Chipping Length on the Operational Efficiency of a 30 kW Electric Disc Chipper', *Croat. j. for. eng.*, 36.
- Gomide, J. L., Neto, H. F. and Regazzi, A. J. (2010) 'Analysis of wood quality criteria of Eucalyptus wood for Kraft pulp production', *Revista Arvore*, 34(2), pp. 339–344.
- Haroen, W. K. (2016) *Teknologi serat bahan baku pulp*. Cetakan Pertama. CV.Agung Ilmu, Bandung.
- Johakimu, J. K. (2007) *Investigation of the potential to develop high pulp strength from high yield kraft pulp made from Pinus patula*. University of Kwa Zulu-Natal.
- Jyske, T., Mäkinen, H. and Saranpää, P. (2008) 'Wood density within Norway spruce stems', *Silva Fennica*, 42(3), pp. 439–455.
- Magaton, A. D. S., Colodette, J. L., Gouvêa, A. de F. G., Gomide, J. L., Dos Santos Muguet, M. C. and Pedrazzi, C. (2009) 'Eucalyptus Wood Quality and its Impact on Kraft Pulp Production and Use', *Tappi Journal*, pp. 32–39.
- Matsushita, Y., Sano, H., Imai, M., Imai, T. and Fukushima, K. (2007) 'Phenolization of hardwood sulfuric acid lignin and comparison of the behavior of the syringyl and guaiacyl units in lignin', *Journal of Wood Science*, 53(1), pp. 67–70. doi: 10.1007/s10086-006-0814-3.
- Miranda, I., Gominho, J. and Pereira, H. (2012) 'Incorporation of bark and tops in Eucalyptus globulus wood pulping', *BioResources*, 7(3), pp. 4350–4361.
- Navarro, J. (1976) *FAO - Report onevaluation of mixed tropical hardwoods for pulp and paper manufacture*.
- Nawawi, D. S., Syafii, W., Tomoda, I., Uchida, Y., Akiyama, T., Yokoyama, T. and Matsumoto, Y. (2017) 'Characteristics and Reactivity of Lignin in Acacia and Eucalyptus Woods', *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 37(4), pp. 273–282. doi: 10.1080/02773813.2017.1291684.
- Santos, A., Anjos, O., Amaral, M. E., Gil, N., Pereira, H. and Simões, R. (2012) 'Influence on *ongpulping* yield and pulp properties of wood density of Acacia melanoxylon', *Journal of Wood Science*, 58(6), pp. 479–486. doi: 10.1007/s10086-012-1286-2.
- Schimleck, L. R., Espey, C., Mora, C. R., Evans, R., Taylor, A. and Muniz, G. (2009) 'Characterization of the wood quality of pernambuco (*Caesalpinia echinata* Lam) by measurements of density, extractives content, microfibril angle, stiffness, color, and NIR spectroscopy', *Holzforschung*, 63(4), pp. 457–463. doi: 10.1515/HF.2009.082.
- Sixta, H. (2008) *Handbook of Pulp, Handbook of Pulp*. doi: 10.1002/9783527619887.
- Zobel, B. J. and Sprague, J. R. (2012) *Juvenile Wood in Forest Trees*. Springer Science & Business Media.

