



Pengaruh Alkali Aktif terhadap Karakteristik Pulp Kraft Putih *Acacia mangium* dan *Eucalyptus pellita*

Teddy Kardiansyah*, Susi Sugesty

Balai Besar Pulp dan Kertas, Jl. Raya Dayeuhkolot No. 132, Bandung, Indonesia

Diterima : 21 April 2020, Revisi akhir : 21 Juni 2020, Disetujui terbit : 30 Juni 2020

Effect of Active Alkali on Characteristic of Acacia mangium and Eucalyptus pellita Bleached Kraft Pulp

Abstract

The Indonesian pulp industry currently has problems in supplying *Acacia mangium* wood raw materials, due to plant disease and pest attacks. This could be anticipated through alternative raw materials to substitute *Acacia mangium*, the *Eucalyptus pellita* species chosen because it is more resistant to pests and diseases. This study was conducted to determine the quality characteristics of *E. pellita* bleached kraft pulp. The research on making paper pulp using *A. mangium* and *E. pellita* was carried out by means of the kraft process. The cooking was carried out with a variation of 16-20% active alkali, 28.7% sulfidity, at a temperature of 165°C, a liquor to wood ratio of 3.5:1 and an H factor of 1,022. The bleaching of the pulp has been carried out using the Elemental Chlorine Free (ECF) process with the $OD_0E_0D_1$ stage. Characteristics of kraft pulp from *A. mangium* cooking were higher in the screening yield, kappa number, and viscosity compared to *E. pellita*. The use of 16% active alkaline in cooking of *A. mangium* is lower than *E. pellita* (18%), but the quality can meet the quality specifications according to SNI 6107: 2015 - Leaf Bleached Kraft Pulp on the parameters of freeness, brightness and physical properties. The characteristics of *A. mangium* bleached kraft pulp were higher in parameters of freeness, brightness and physical properties compared to *E. pellita*. However, *E. pellita* has the potential to be developed in Industrial Plantation Forests as raw material for pulp.

Keywords: *Acacia mangium*, active alkali, *Eucalyptus pellita*, kraft, pulp

Abstrak

Industri pulp Indonesia saat ini memiliki masalah dalam penyediaan bahan baku kayu *Acacia mangium*, karena serangan penyakit tanaman dan hama. Hal ini harus diantisipasi melalui bahan baku alternatif pengganti *Acacia mangium*, spesies *Eucalyptus pellita* dipilih karena lebih tahan terhadap hama dan penyakit. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik kualitas pulp kraft putih *E. pellita*. Penelitian pembuatan pulp kertas dilakukan dengan proses kraft dengan bahan baku *A. mangium* dan *E. pellita*. Pemasakan dilakukan dengan variasi alkali aktif 16-20%, sulfiditas 28,7%, pada suhu 165°C, rasio larutan pemasak terhadap kayu 3,5:1 dan faktor H 1.022. Pemutihan pulp dilakukan dengan proses *Elemental Chlorine Free* (ECF) dengan tahapan $OD_0E_0D_1$. Karakteristik pulp kraft hasil pemasakan *A. mangium* lebih tinggi pada parameter rendemen tersaring, bilangan kappa dan viskositas dibandingkan dengan *E. pellita*. Penggunaan alkali aktif 16% pada pemasakan *A. mangium* lebih rendah dari *E. pellita* (18%), namun kualitasnya dapat memenuhi spesifikasi kualitas pulp sesuai SNI 6107:2015 - Pulp Kraft Putih Kayudaun pada parameter derajat giling, derajat cerah, dan sifat fisik. Karakteristik pulp kraft putih *A. mangium* lebih tinggi pada parameter derajat giling, derajat cerah, dan sifat fisik dibandingkan dengan *E. pellita*. Namun demikian *E. pellita* berpotensi untuk dikembangkan di Hutan Tanaman Industri sebagai bahan baku pulp.

Kata kunci: *Acacia mangium*, alkali aktif, *Eucalyptus pellita*, kraft, pulp

Pendahuluan

Kapasitas produksi pulp di Indonesia meningkat pada tahun 2017 karena kehadiran pabrik baru. Kapasitas produksi pulp yang sebelumnya 7,9 juta ton per tahun meningkat menjadi 10,5 juta ton per tahun. Kapasitas produksi pulp tersebut setidaknya memerlukan bahan baku kayu sekitar 41,4 juta ton kayu per tahun (Nambiar, Harwood and Mendham, 2018). Kebutuhan kayu tersebut dipenuhi melalui tegakan yang ditanam oleh Hutan Tanaman Industri (HTI) yang umumnya menanam jenis akasia dan ekaliptus. Spesies akasia ditanam secara luas di Asia Tenggara dengan luas tanaman lebih dari 2,6 juta hektar (Harwood and Nambiar, 2014).

Di Indonesia, *A. mangium* telah menjadi spesies kayu untuk pulp yang mendominasi selama 10 tahun terakhir sebagai sumber serat yang sangat baik untuk pembuatan kertas (Muhammad, Ong and Ratnam, 2018; Hillman, 2002). Hutan Tanaman Industri untuk bahan baku pulp di Indonesia mengembangkan jenis *A. mangium Willd* dan *A. crassicaarpa A. Cunn* (Suhartati, Rahmayanto and Daeng, 2014). Tanaman tersebut ditanam di hutan tanaman industri (HTI) dengan penanaman monokultur. Monokultur memiliki keunggulan dalam kemudahan penebangan dan perawatan, namun bila kawasan monokultur terserang penyakit, dalam waktu relatif cepat semua tanaman akan rusak. Pada tahun 2001 dilaporkan bahwa tegakan monokultur *A. mangium* rotasi kedua di Sumatera telah mengalami kerusakan antara 3-28% akibat serangan ganoderma (Irianto *et al.*, 2006). Kanker batang-layu yang disebabkan oleh *Ceratocystis manginecans sp. nov.* (Tarigan *et al.*, 2011) di Sumatra dan Kalimantan. Serangan kera dan tupai menguliti batang *A. mangium* untuk mengambil *exudate* yang manis, serangannya mencapai sekitar 100.000 ha di Sumatera dan 30.000 ha di Kalimantan (Hardiyanto and Nambiar, 2014; Nambiar, Harwood and Mendham, 2018).

Masalah serangan pada kayu di tanah mineral tersebut sangat serius dan tidak dapat diantisipasi oleh industri, sehingga menyebabkan pergantian penanaman spesies yang sangat cepat dari *A. mangium* menjadi *Eucalyptus pellita* F. Muell dan hibridanya. Laju pergantiannya mencapai 50.000 ha/tahun dan pada tahun 2016-2017 sebanyak 600.000 ha lahan sudah ditanami *E. pellita* yang

sebelumnya *A. mangium* (Nambiar, Harwood and Mendham, 2018). Pemilihan spesies *E. pellita* sebagai pengganti disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya: karena sifatnya yang cepat tumbuh, rotasi pendek, batang lurus, toleransi yang tinggi terhadap berbagai jenis tanah dan lokasi tumbuh serta lebih tahan terhadap hama dan penyakit (Lukmandaru *et al.*, 2016). Namun demikian produktivitas *E. pellita* masih rendah dibandingkan dengan *A. mangium*. Produktivitas pohon pada umur 3-6 tahun untuk *A. mangium* sekitar 42,2 m³/ha/tahun sedangkan *E. pellita* hanya sekitar 39,6 m³/ha/tahun (Mendham *et al.*, 2017).

Proses pembuatan pulp *kraft* merupakan proses yang umum digunakan industri pulp di Indonesia dengan kelebihan lainnya yaitu menghasilkan pulp dengan kekuatan tinggi, efisien pada banyak jenis kayu, toleran terhadap kulit kayu, serta efisien dalam siklus pemulihan bahan kimia (Shmulsky and Jones, 2011). Penelitian sebelumnya pemasakan *A. mangium* dan *E. pellita* dengan variasi alkali aktif 16-20%, sulfiditas 25% dengan Faktor H 800 dan tanpa diputihkan dengan parameter indikator bilangan Kappa, rendemen dan viskositas (Ardina, Irawan and Prajitno, 2018). Pada penelitian ini dilakukan proses pembuatan pulp *kraft* dari *A. mangium* dan *E. pellita* dengan variasi alkali aktif dan dilanjutkan dengan proses pemutihan menggunakan proses *Elemental Chlorine Free* (ECF). Pulp *kraft* putih yang diperoleh selanjutnya diuji kualitas pulpnya.

Bahan dan Metode

Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah serpih kayu *Acacia mangium* dan *Eucalyptus pellita* yang diperoleh dari Industri Pulp di daerah Sumatera Selatan. Serpih kayu tersebut dipasok dari Hutan Tanaman Industri yang sedang mengembangkan penanaman kayu *Eucalyptus pellita* sebagai pengganti *Acacia mangium*. Natrium hidroksida dan natrium sulfida kualitas teknis diperoleh dari pemasok bahan kimia lokal. Bahan kimia untuk proses pemutihan yang terdiri dari natrium klorit dari JT Baker dan natrium peroksidisulfat diperoleh dari Merck. Bahan kimia untuk analisis bilangan Kappa dan viskositas kualitas analisis diperoleh dari Merck.

Metode

Tahapan penelitian meliputi pemasakan bahan baku, pemutihan pulp proses *Elemental Chlorine Free* (ECF) dengan empat tahapan, pembuatan lembaran pulp putih dan penentuan sifat fisik dan optik pulp putih. Pemasakan kayu *Acacia mangium* dan *Eucalyptus pellita* dilakukan dengan proses sulfat (*kraft*) dalam digester berputar (*rotary digester*) dalam udara panas dengan suhu yang dapat dikontrol menggunakan perhitungan faktor H (**Tabel 1**). Faktor H merupakan faktor hubungan antara suhu dengan waktu, apabila suhu tinggi waktu yang digunakan menjadi pendek. Pulp yang diperoleh ditentukan rendemen total, rendemen tersaring, bilangan Kappa (SNI ISO 302:2014), viskositas pulp (SNI 0936:2008) serta derajat cerah (SNI ISO 2470-1:2014).

Pemutihan pulp dilakukan dengan tahapan oksigen delignifikasi, klordioksida awal, ekstraksi oksigen dan klordioksida-1 ($OD_0E_0D_1$). Kondisi proses pemutihan pulp dapat dilihat pada **Tabel 2**. Parameter kontrol pada setiap tahapan pemutihan ditentukan meliputi viskositas dan derajat cerah serta bilangan kappa pada tahapan oksigen delignifikasi dan ekstraksi oksigen. Pulp putih yang diperoleh ditentukan sifat optik dan sifat fisiknya. Untuk pengujian sifat fisik, pulp digiling dalam PFI Mill (SNI ISO 5264-2:2011). Variasi derajat giling ditentukan berdasarkan jumlah putaran PFI Mill yang diukur dengan menggunakan *Canadian Standard Freeness Tester* (CSF), kemudian dibuat lembaran (SNI ISO 5269-1:2012) selanjutnya dilakukan pengujian sifat fisik lembaran pulp menurut SNI yang terdiri dari indeks sobek (SNI 0436-2009), indeks retak (SNI ISO 2758:2011), indeks tarik (SNI ISO 14-4737:1998) serta sifat optik yaitu derajat cerah dengan SNI ISO 2470-1:2014.

Tabel 1. Kondisi Pembuatan Pulp Proses *Kraft*

No.	Parameter	Kondisi Pemasakan
1	Suhu, °C	165
2	Rasio larutan pemasak terhadap kayu	3,5:1
3	Sulfiditas, %	28,7
4	Alkali aktif, %	16%, 18%, 20%
5	Faktor H	1.022
6	Waktu, jam	2 + 1

Tabel 2. Kondisi Proses Pemutihan Pulp

Parameter	O	D ₀	E ₀	D ₁
Suhu, °C	90	70	84	85
Konsistensi, %	11	11	11	11
Waktu reaksi, menit	30	45	90	180
ClO ₂ , %	-	3,5	-	1,5
Tekanan O ₂ , Psi	50	-	150	-
NaOH, %	1	-	1,1	-
pH Akhir	10 - 12	2,5-3,5	10 - 12	3,5 - 4

Hasil dan Pembahasan

Pemasakan Kayu *A.mangium* dan *E. pellita*

Parameter kendali setelah proses pemasakan meliputi rendemen total, rendemen tersaring, dan bilangan kappa. Selain itu juga sebagai parameter pendukung ditentukan viskositas dan derajat cerah pulp hasil pemasakan untuk evaluasi proses selanjutnya. Hasil pemasakan kayu *A.mangium* dan *E. Pellita* dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Rendemen total pulp merupakan gabungan dari rendemen tersaring dan *reject*. Rendemen total maupun rendemen tersaring pulp *A. mangium* lebih tinggi dibandingkan pulp *E. pellita* pada berbagai konsentrasi alkali aktif. Nilai tersebut juga termasuk dalam nilai rendemen tersaring pulp sulfat kayu daun lebar yang berkisar antara 40-55% (Shmulsky and Jones, 2011). Nilai rendemen tersebut lebih rendah dibandingkan dengan rendemen *A. crassicaarpa* yang berkisar antara 52,65-53,61% (Sugesty, Kardiansyah and Pratiwi, 2015) dan *A. mangium* serta *E. pellita* hasil penelitian lain yaitu 52, 25% dan 50,60% (Ardina, Irawan and Prajitno, 2018). Namun nilai rendemen tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan *A. mangium* dari Malaysia dengan rendemen 37,60-23,20% (Wan Rosli, Mazlan and Law, 2009).

Peningkatan konsentrasi alkali aktif cenderung menurunkan nilai rendemen tersaring baik untuk pulp *A. mangium* maupun *E. pellita*. Hasil ini sesuai dengan penelitian *A. crassicaarpa* (Sugesty, Kardiansyah and Pratiwi, 2015) dan *Anthocephalus cadamba* (Wistara et al., 2015). MacLeod (2007) mengkuantifikasi pengaruh peningkatan dosis alkali terhadap penurunan rendemen pulp, setiap peningkatan 1% alkali aktif akan menurunkan rendemen pulp 0,15%, dan

Tabel 3. Hasil Pemasakan Kayu *A. mangium* dan *E. pellita*

No	Jenis Pulp	Alkali aktif (%)	Rendemen total (%)	Rendemen tersaring (%)	Bilangan Kappa	Viskositas (cP)	Derajat cerah (%ISO)
1	<i>A. mangium</i>	16	51,37	51,23	17,60	20,14	35,56
		18	50,20	50,12	14,50	15,78	37,37
		20	49,10	49,05	12,73	13,45	39,27
2	<i>E. pellita</i>	16	47,85	47,77	16,13	18,24	34,05
		18	47,16	47,08	14,32	14,98	35,14
		20	46,50	46,41	11,50	11,91	36,39

lebih tinggi pada kasus kayu daun lebar karena tingginya kandungan hemiselulosa sehingga rentan terhadap alkali.

Bilangan kappa merupakan nilai yang menunjukkan tingkat kematangan pulp. Bilangan Kappa *A. mangium* dan *E. pellita* menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi alkali aktif. Peningkatan konsentrasi alkali aktif pada proses pembuatan pulp akan menurunkan nilai bilangan Kappa karena tingginya tingkat kehilangan lignin selama proses (Bassa *et al.*, 2006). Rentang nilai bilangan kappa sebesar 12,73-17,60 untuk *A. mangium* dan sebesar 11,50-16,13 untuk *E. pellita*. Nilai bilangan kappa sekitar 15-20 untuk kayu daun lebar menunjukkan pulp tersebut termasuk mudah diputihkan (Gellerstedt, Ek and Henriksson, 2009). Nilai bilangan kappa *A. mangium* cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan *E. pellita*, pola tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ardina, Irawan dan Prajitno (2018).

Viskositas pulp belum putih umumnya ditentukan sebagai dasar pemrosesan pulp berikutnya. Viskositas pulp dapat mewakili derajat polimerisasi selulosa dalam pulp (Wistara *et al.*, 2015). Viskositas pulp belum putih *A. mangium* maupun *E. pellita* cenderung turun dengan peningkatan konsentrasi alkali aktif. Penurunan viskositas pulp belum putih dapat disebabkan oleh peningkatan konsentrasi ion hidroksida dalam larutan pemasak. Ion hidroksida tidak hanya menurunkan lignin, tetapi pada konsentrasi yang lebih tinggi dapat menurunkan kadar selulosa. Degradasi selulosa oleh alkali dapat berlangsung melalui reaksi pengelupasan dan hidrolisis alkali yang menyebabkan penurunan viskositas pulp (Shukla and Sharma, 2013). Viskositas pulp belum putih *A. mangium* (13,45-20,14 cP) cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan pulp belum putih

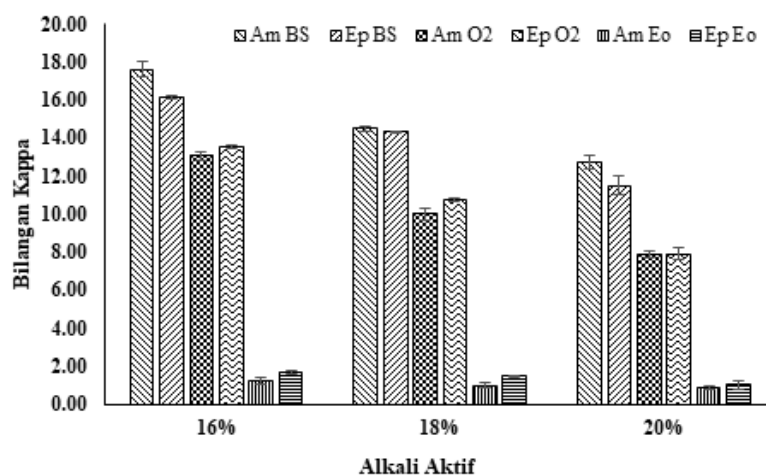
E. pellita (11,91-18,24 cP), pada dosis alkali aktif 16%-18% kecenderungannya sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Ardina, Irawan dan Prajitno (2018). Hal ini menunjukkan bahwa *A. mangium* cenderung lebih tahan terhadap reaksi pengelupasan (*peeling*) dan hidrolisis alkali dibandingkan dengan *E. pellita*.

Derajat cerah pulp belum putih adalah indikator yang berguna untuk melihat kemampuan pulp dapat diputihkan. Derajat cerah pulp belum putih *A. mangium* sekitar 35,56-39,27%ISO, lebih tinggi jika dibandingkan dengan derajat cerah pulp belum putih *E. pellita* dengan kisaran 34,05-36,39%ISO. Nilai derajat cerah pulp belum putih menunjukkan penurunan dengan meningkatnya konsentrasi alkali aktif. Peningkatan derajat cerah terutama disebabkan oleh penghilangan lignin selama proses pembuatan pulp (Wistara *et al.*, 2015).

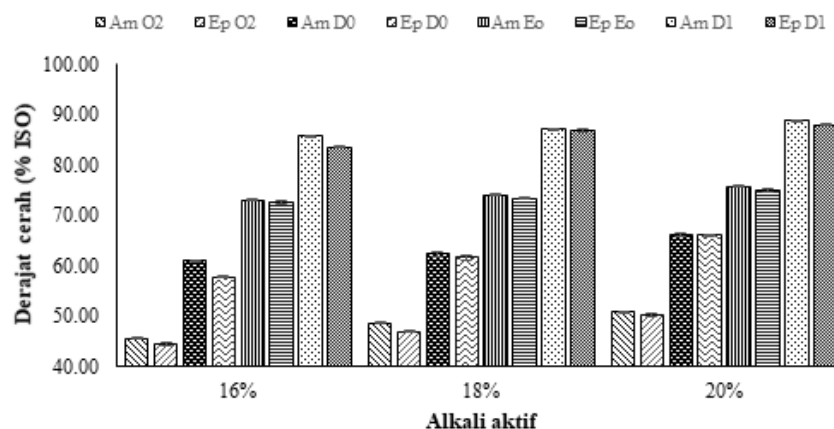
Pemutihan Pulp *A. mangium* dan *E. pellita*

Bilangan kappa selain sebagai parameter indikator proses pemasakan, bilangan kappa dapat memperkirakan kandungan lignin sisa dalam pulp dan dapat digunakan untuk menentukan kondisi pemutihan yang sesuai (Sugesty, Kardiansyah and Pratiwi, 2015). Nilai bilangan kappa pada tahapan proses pemutihan pulp dapat dilihat pada **Gambar 1**.

Nilai bilangan kappa *brownstock* pulp *A. mangium* cenderung lebih tinggi dibandingkan *E. pellita*, setelah melalui proses pemutihan menunjukkan nilai bilangan kappa yang hampir sama dengan kondisi pemutihan yang sama. Proses pemutihan menggunakan klorin dioksida senyawa tersebut mendegradasi lignin pada struktur fenoliknya sedangkan reaksi dengan lignin non-fenolik dan asam hekseuronat berjalan lambat (Eshkiki, Mortha and Lachenal, 2007).



Gambar 1. Bilangan Kappa Pulp pada *Brownstock* (BS), Tahap Delignifikasi Oksigen (O2) dan Tahap Ekstraksi Oksigen (Eo). Keterangan Am (*A. mangium*) dan Ep (*E. pellita*)



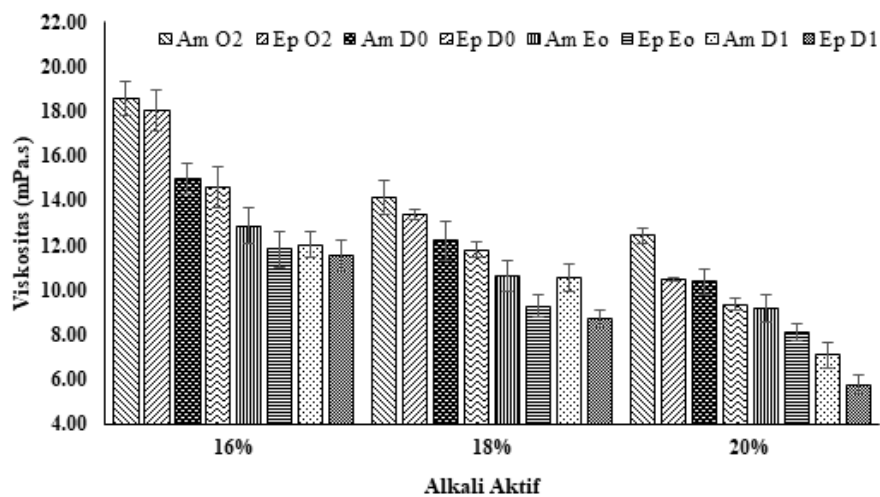
Gambar 2. Derajat Cerah Pulp pada Tahap Delignifikasi Oksigen (O2), Tahap Klordioksida Awal (D0), Tahap Ekstraksi Oksigen (Eo) dan Tahap Klordioksida 1 (D1). Keterangan Am (*A. mangium*) dan Ep (*E. pellita*)

Bilangan kappa merupakan representasi dari kadar lignin dalam pulp. Nilai bilangan kappa pulp setelah tahap delignifikasi oksigen untuk *A. mangium* sekitar 7,88-13,05 sedangkan *E. pellita* berkisar antara 7,90-13,52 dengan persentase penurunan 25,85-38,09% untuk *A. mangium* dan 16,16-31,30% untuk *E. pellita*.

Persentase penurunan bilangan kappa semakin tinggi setelah tahap D₁ dengan rentang penurunan sekitar 93,10-93,39% untuk *A. mangium* dan 89,51-91,19% untuk *E. pellita*. Sifat dan kelimpahan relatif dari hubungan antara unit *Syringyl* dan *Guaiacyl* (rasio S/G) dalam lignin sangat bervariasi, proporsi relatifnya mempengaruhi reaktivitas lignin selama proses pembuatan pulp dan pemutihan (Sjostrom, 1993).

Lignin dengan kandungan *syringyl* yang lebih tinggi cenderung lebih mudah untuk dihilangkan (Nawawi *et al.*, 2017).

Derajat cerah merupakan sifat pantulan sinar biru pada panjang gelombang 457 nm dari lembaran pulp dan merupakan parameter indikator proses pemutihan pulp (Suess, 2010). Derajat cerah pulp *A. mangium* maupun *E. pellita* semakin meningkat dengan peningkatan konsentrasi alkali aktif, pola yang sama terjadi pada proses pemutihan pulp dari *Trema orientalis* (Sarwar Jahan, Rubaiyat and Sabina, 2007) dan jute (Matin *et al.*, 2015). Nilai derajat cerah pada tahapan proses pemutihan pulp dapat dilihat pada **Gambar 2**. Peningkatan nilai derajat cerah dari pulp belum putih menjadi pulp putih lebih dari



Gambar 3. Viskositas Pulp pada Tahap Delignifikasi Oksigen (O2), Tahap Klordioksida Awal (D0), tahap ekstraksi oksigen (Eo) dan Tahap Klordioksida 1 (D1). Keterangan Am (*A. mangium*) dan Ep (*E. pellita*)

dua kali lipat dengan kisaran 35,56-39,27%ISO menjadi 85,80-88,93%ISO untuk *A. mangium* dan 34,05-36,39%ISO menjadi 83,53-87,93%ISO untuk *E. pellita*. Peningkatan nilai derajat cerah pulp melalui pemutihan dengan klorin dioksida tidak hanya secara efisien melarutkan sisa fragmen lignin, tetapi juga mengurangi gugus kromoforik dalam pulp, dan mengurangi kapasitas lignin dalam pulp untuk menyerap cahaya (Gullichsen, Fogelholm and Paulapuro, 1999).

Viskositas pulp dapat mewakili derajat polimerisasi selulosa dalam pulp (Wistara *et al.*, 2015). Parameter tersebut merupakan salah satu parameter kontrol dalam proses pemutihan. Nilai viskositas pada tahapan proses pemutihan pulp dapat dilihat pada **Gambar 3**.

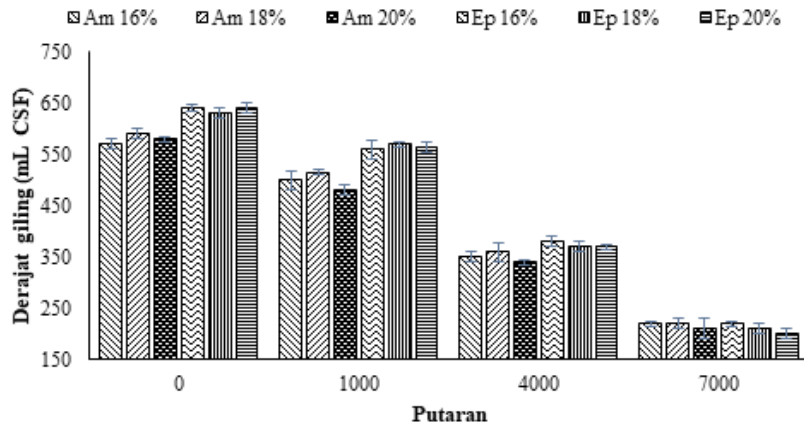
Nilai viskositas pulp *A. mangium* cenderung lebih tinggi dibandingkan *E. pellita*, pulp *A. mangium* cenderung lebih tahan terhadap proses pemutihan dibandingkan dengan *E. pellita*. Nilai viskositas pulp setelah tahap delignifikasi oksigen untuk *A. mangium* sekitar 12,44-18,60 cP sedangkan *E. pellita* berkisar antara 10,46-18,05 cP dengan persentase penurunan 7,51-10,55% untuk *A. mangium* dan 10,78-12,14% untuk *E. pellita*. Persentase penurunan viskositas semakin tinggi setelah tahap D₁ dengan rentang penurunan sekitar 33,12-47,29% untuk *A. mangium* dan 36,72-51,70% untuk *E. pellita*. Penurunan nilai viskositas pulp setelah proses pemutihan dengan proses ECF sekitar 21,8% hingga 25,7 % untuk bambu (Li *et al.*, 2018) dan sekitar 71,03% dari *E. globulus* (Colodette *et al.*,

1999). Viskositas pulp putih dapat memberikan indikasi tidak langsung dari kekuatan pulp. Pulp dengan viskositas tinggi cenderung menunjukkan sifat mekanik yang lebih baik (Khiari *et al.*, 2010).

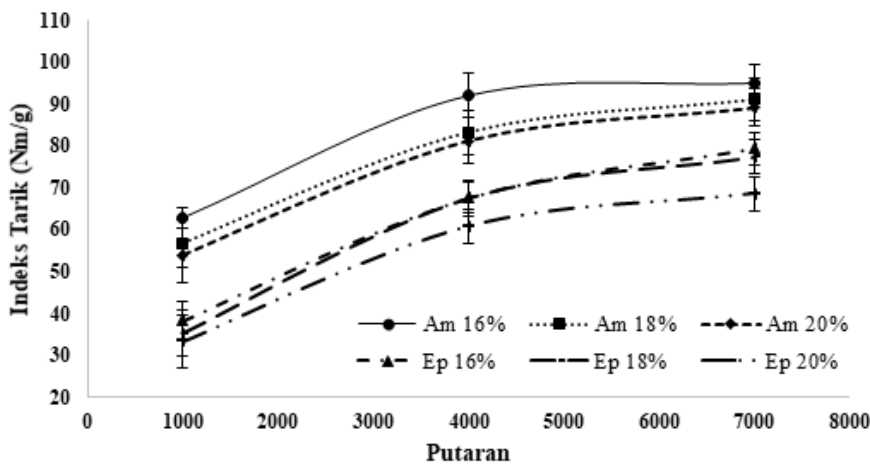
Derajat Giling (*Freeness*)

Derajat giling pulp adalah kemampuan pulp untuk melepaskan air dalam suspensi pulp. Sifat ini terkait dengan karakteristik permukaan serat pulp dan pembengkakan serat. Parameter ini juga berpengaruh dalam aliran proses pulp dan proses pembuatan kertas *wet-end* (Wistara *et al.*, 2015).

Nilai derajat giling pulp sebelum dan setelah digiling dalam PFI Mill dapat dilihat pada **Gambar 4**. Nilai derajat giling pulp *A. mangium* cenderung lebih rendah dibandingkan *E. pellita*, derajat giling pulp *A. mangium* sekitar 570-590 mLCSF sedangkan *E. pellita* sekitar 630-640 mLCSF. Derajat giling yang tinggi cenderung memerlukan energi yang lebih besar untuk menurunkan nilai derajat gilingnya agar laju penghilangan airnya sesuai dengan target yang diharapkan (Buzala *et al.*, 2018). Pulp *A. mangium* memerlukan jumlah putaran sekitar 4.900-5.200 dan *E. pellita* sekitar 5.200-5.300 untuk mencapai nilai derajat giling yang sama (300 mL CSF). Karakteristik lain seperti indeks tarik dan indeks retak diketahui memiliki korelasi linear dengan derajat giling pulp (Banavath, Bhardwaj and Ray, 2011).



Gambar 4. Derajat Giling Pulp pada Variasi Konsentrasi Alkali Aktif terhadap Jumlah Putaran PFI Mill. Keterangan Am (*A. mangium*) dan Ep (*E. pellita*)



Gambar 5. Indeks Tarik Pulp pada Variasi Konsentrasi Alkali Aktif terhadap Jumlah Putaran PFI Mill. Keterangan Am (*A. mangium*) dan Ep (*E. pellita*)

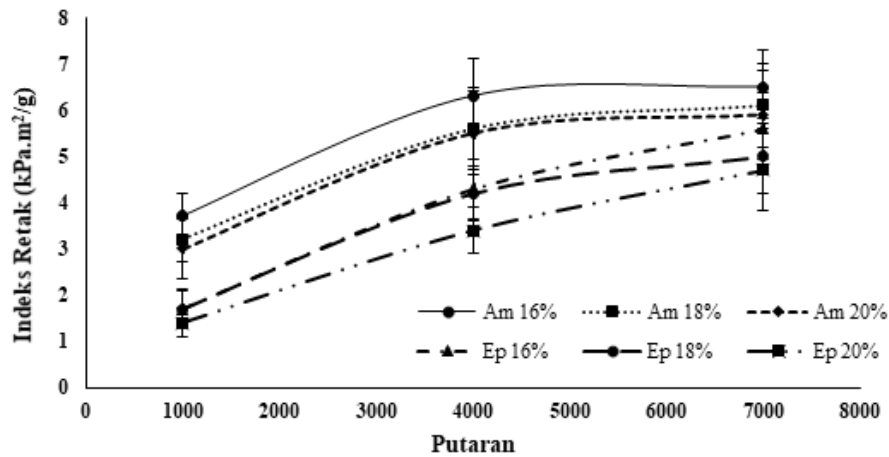
Sifat Fisik Pulp Putih

Pengujian sifat fisik pulp putih yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian indeks retak, indeks tarik, dan indeks sobek. Penggilingan pulp mengacu pada perlakuan mekanis pada serat pulp untuk meningkatkan sifat fisik pulp pada pembuatan kertasnya (Abdel-aal, 2014).

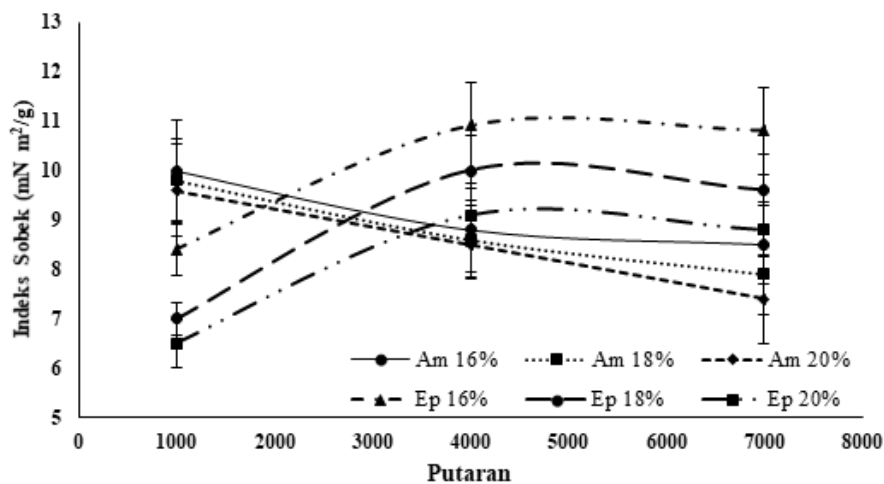
Hasil pengukuran indeks tarik dapat dilihat pada **Gambar 5**. Indeks tarik pulp *A. mangium* berada pada rentang 22,5–95,1 Nm/g sedangkan pulp *E. pellita* berada pada rentang 13,7–79,4 Nm/g. Indeks tarik pulp *A. mangium* dan *E. pellita* menunjukkan kecenderungan yang sama, semakin tinggi jumlah putaran PFI mill, nilai indeks tarik semakin meningkat. Proses penggilingan akan menyebabkan dinding serat

collapse membentuk lembaran yang padat dan kekuatan tarik yang tinggi disebabkan rasio permukaan serat terhadap volume serat yang tinggi dan luas ikatan antar serat yang tinggi (Patt, Kordsachia and Fehr, 2006).

Selain itu dengan peningkatan alkali aktif nilai indeks tarik semakin menurun baik pada pulp *A. mangium* maupun *E. pellita*, hal ini sesuai dengan dengan menurunnya nilai viskositas pulp dengan meningkatnya dosis alkali aktif. Penurunan tersebut disebabkan degradasi selulosa dengan meningkatnya dosis alkali aktif. Selama proses pembuatan pulp, alkali akan melarutkan rantai hemiselulosa berat molekul rendah, memulai reaksi depolimerisasi akhir (reaksi pengelupasan primer), dan hidrolisis dari ikatan glikosidik, yang menyebabkan reaksi



Gambar 6. Indeks Retak Pulp pada Variasi Konsentrasi Alkali Aktif terhadap Jumlah Putaran PFI Mill. Keterangan Am (*A. mangium*) dan Ep (*E. pellita*)



Gambar 7. Indeks Sobek Pulp pada Variasi Konsentrasi Alkali Aktif terhadap Jumlah Putaran PFI Mill. Keterangan Am (*A. mangium*) dan Ep (*E. pellita*)

pengelupasan sekunder dan penurunan derajat polimerisasi (Bajpai, 2018). Nilai indeks tarik sangat dipengaruhi oleh faktor alkali aktif (Wan Rosli, Mazlan and Law, 2009).

Indeks retak diuji untuk mengetahui nilai kekuatan pulp untuk menahan beban yang terpusat (Shmulsky and Jones, 2011). Hasil pengukuran indeks retak dapat dilihat pada **Gambar 6**. Indeks retak pulp *A. mangium* berada pada kisaran 0,9–6,5 kPa.m²/g sedangkan pulp *E. pellita* berada pada rentang 0,5–5,6 kPa.m²/g. Indeks retak menunjukkan pola yang sama dengan indeks tarik baik terhadap pengaruh penggilingan dan alkali aktif.

Ketahanan sobek diperlukan untuk mengetahui ketahanan kertas terhadap gaya sobek selama konversi atau pemakaian kertas akhir (Scott and Trosset, 1989). Hasil pengukuran indeks

sobek dapat dilihat pada **Gambar 7**. Indeks sobek pulp *A. mangium* berada pada rentang 5,6–10 mN.m²/g sedangkan pulp *E. pellita* berada pada rentang 2,1–10,9 mN.m²/g. Pola penggilingan terhadap indeks sobek pulp *A. mangium* dan *E. pellita* memiliki kecenderungan yang sama, dimana peningkatan putaran penggilingan meningkat hingga putaran tertentu selanjutnya menurun, sehingga memiliki titik maksimum. Pulp *A. mangium* menurun pada putaran sekitar 1.000 dan *E. pellita* pada putaran 4.000.

Kualitas Pulp Putih

Kualitas pulp *A. mangium* dan *E. pellita* dibandingkan dengan spesifikasi pulp kraft putih kayu daun lebar berdasarkan SNI dapat dilihat

Tabel 4. Sifat Optik dan Sifat Fisik Pulp Kraft Putih *A. mangium* dan *E. pellita*

No.	Jenis Pulp	Parameter	Satuan	SNI	Konsentrasi Alkali Aktif		
				6107:2015	16%	18%	20%
1	<i>A. mangium</i>	Derajat giling awal	mL CSF	430	570	590	580
		Derajat cerah ISO	% ISO	85	85,80	87,06	88,93
		Indeks sobek pada derajat giling 300 mL CSF	mN m ² /g	5,5	8,67	8,33	8,16
		Indeks retak pada derajat giling 300 mL CSF	kPa m ² /g	2,5	6,38	5,73	5,68
		Indeks tarik pada derajat giling 300 mL CSF	Nm/g	45	93,25	85,7	84,69
2	<i>E. pellita</i>	Derajat giling awal	mL CSF	430	640	630	640
		Derajat cerah ISO	% ISO	85	83,53	86,93	87,93
		Indeks sobek pada derajat giling 300 mL CSF	mN m ² /g	5,5	10,85	9,83	8,98
		Indeks retak pada derajat giling 300 mL CSF	kPa m ² /g	2,5	4,95	4,55	3,94
		Indeks tarik pada derajat giling 300 mL CSF	Nm/g	45	73,00	71,89	64,00

pada **Tabel 4**. Secara umum kualitas pulp putih *A. mangium* dan *E. pellita* memenuhi parameter derajat giling awal, sifat fisik dan sifat optik. Namun demikian pulp putih *A. mangium* memiliki sifat yang lebih baik dibandingkan dengan pulp *E. pellita*, tetapi sifat fisik pulp putih *E. pellita* lebih baik dibandingkan *A. crassicarpa* (Sugesty, Kardiansyah and Pratiwi, 2015). Selain itu, dosis alkali aktif 16% untuk *A. mangium* sudah dapat memenuhi kualitas SNI, sedangkan *E. pellita* pada dosis alkali aktif tersebut tidak memenuhi parameter derajat cerah pulp sesuai SNI.

Kesimpulan

Karakteristik pulp *kraft* hasil pemasakan *A. mangium* lebih tinggi pada parameter rendemen tersaring, bilangan kappa dan viskositas dibandingkan dengan *E. pellita*. Penggunaan alkali aktif 16% pada *A. mangium* dapat memenuhi kualitas pulp *kraft* putih sesuai SNI pada parameter derajat giling, derajat cerah dan sifat fisik, sedangkan *E. pellita* memerlukan alkali aktif lebih tinggi yaitu 18%. Karakteristik pulp *kraft* putih *A. mangium* lebih tinggi pada parameter derajat giling, derajat cerah dan sifat fisik dibandingkan dengan *E. pellita*. Namun demikian *E. pellita* berpotensi untuk dikembangkan di Hutan Tanaman Industri sebagai bahan baku pulp, karena

lebih tahan terhadap hama dan penyakit tanaman dibandingkan dengan *A. mangium*. Tanaman *E. pellita* masih perlu dikembangkan melalui pemuliaan tanaman agar diperoleh klon dengan kualitas yang unggul, baik dari segi pertumbuhan maupun dari kualitas pulp yang dihasilkan.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Dimas Ryenki Prawira dan Ferengki Wahyudi atas bantuan dan dukungannya dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada PT. Tanjungenim Lestari Pulp and Paper atas penyediaan bahan baku dan sarana penelitian.

Daftar Pustaka

- Abdel-aal, M. A. (2014) 'Effect of Cooking Time, Active Alkali Concentration and Refining Process on the Pulping and Papermaking Properties of Buttonwood Residues (*Conocarpus erectus* L.)', *World Applied Sciences Journal*, 27(1), pp. 1–9. doi: 10.5829/idosi.wasj.2013.27.01.13600.
- Ardina, V., Irawan, B. and Prajitno, D. H. (2018) 'Active alkali charge effect on kraft pulping process of *Acacia mangium* and *Eucalyptus pellita*', in *AIP Conference Proceedings*, p. 020036. doi: 10.1063/1.5054440.

- Bajpai, P. (2018) *Biermann's Handbook of Pulp and Paper, Biermann's Handbook of Pulp and Paper*. doi: 10.1016/c2017-0-00530-x.
- Banavath, H. N., Bhardwaj, N. K. and Ray, A. K. (2011) 'A comparative study of the effect of refining on charge of various pulps', *Bioresource Technology*. Elsevier Ltd, 102(6), pp. 4544–4551. doi: 10.1016/j.biortech.2010.12.109.
- Bassa, A. G. M. C., Sanches Duarte, F. A., Da Silva, F. G. and Sacon, V. M. (2006) 'The effect of alkali charge on *Eucalyptus* spp. kraft pulping', *2006 TAPPI Engineering, Pulping and Environmental Conference Proceedings*, 2006(June 2016).
- Buzala, K. P., Kalinowska, H., Borkowski, J. and Przybysz, P.(2018) 'Effect of xylanases on refining process and kraft pulp properties', *Cellulose*, 25(2), pp. 1319–1328. doi: 10.1007/s10570-017-1609-y.
- Colodette, J. L., Gomide, J. L., Argyropoulos, D. S., Robles, Y. A. M., Almeida, J. M., Mehlman, S. K. and DeBrito, A. G. H. (1999) 'Effect of pulping processes on bleachability with ECF, Z-ECF and TCF bleaching', *Appita Journal*, 52(5), pp. 368–374.
- Eshkiki, R. B., Mortha, G. and Lachenal, D. (2007) 'A new method for the titration of free phenolic groups in pulps', *Holzforschung*, 61(3), pp. 242–246. doi: 10.1515/hf.2007.039.
- Gellerstedt, G., Ek, M. and Henriksson, G. (2009) *Wood chemistry and biotechnology, Wood Chemistry and Biotechnology*. doi: 10.1515/9783110213409.
- Gullichsen, J., Fogelholm, C.-J. and Paulapuro, H. (1999) 'Papermaking Science and Technology', in Gullichsen, J., Fogelholm, C.-J., and Paulapuro, H. (eds) *Chemical Pulping*. Fapet Oy.
- Hardiyanto, E. B. and Sadanandan Nambiar, E. K. (2014) 'Productivity of successive rotations of *Acacia mangium* plantations in Sumatra, Indonesia: Impacts of harvest and inter-rotation site management', *New Forests*, 45(4), pp. 557–575. doi: 10.1007/s11056-014-9418-8.
- Harwood, C. E. and Nambiar, E. K. S. (2014) 'Productivity of *Acacia* and *Eucalypt* plantations in Southeast Asia. 2. Trends and variations', *International Forestry Review*, 16(2), pp. 249–260. doi: 10.1505/146554814811724766.
- Hillman, D. C. (2002) 'Single Species Pulping : The World's Preferred Market Pulps', *Solutions*, (November), pp. 27–30.
- Irianto, R. S. B., Barry, K., Hidayati, N., Ito, S., Fiani, A., Rimbawanto, A. and Mohammed, C. (2006) 'Incidence and spatial analysis of root rot of *Acacia mangium* in Indonesia', *Journal of Tropical Forest Science*, 18(3), pp. 157–165.
- Islam, M. N. (2004) 'Effect of chemical charges in cooking and their effectiveness on pulp bleaching', *Journal of Scientific and Industrial Research*, 63(6), pp. 522–526.
- Jahan, M. S., Sabina, R. and Rubaiyat, A. (2008) 'Alkaline pulping and bleaching of *Acacia auriculiformis* grown in Bangladesh', *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32(4), pp. 339–347. doi: 10.3906/tar-0708-10.
- Khiari, R., Mhenni, M. F., Belgacem, M. N. and Mauret, E. (2010) 'Chemical composition and pulping of date palm rachis and *Posidonia oceanica* - A comparison with other wood and non-wood fibre sources', *Bioresource Technology*. Elsevier Ltd, 101(2), pp. 775–780. doi: 10.1016/j.biortech.2009.08.079.
- Li, P., Hou, Q., Zhang, M. and Li, X. (2018) 'Environmentally Friendly Bleaching on Bamboo (*Neosinocalamus*) Kraft Pulp Cooked by Displacement Digester System', *BioResources*, 13(1), pp. 450–461.
- Lukmandaru, G., Zumaini, U. F., Soeprijadi, D., Nugroho, W. D. and Susanto, M. (2016) 'Chemical Properties and Fiber Dimension of *Eucalyptus pellita* from The 2nd Generation of Progeny Tests in Pelaihari, South Borneo, Indonesia', *Journal Korean Wood Science and Technology*, 44(August), pp. 571–588. doi: 10.5658/WOOD.2016.44.4.571.
- MacLeod, M. (2007) 'The top ten factors in kraft pulp yield', *Paperi Ja Puu/Paper & Timber*, 89(4), pp. 3–7. Available at: http://kraftpulpingcourse.knowledgefirstwebsites.com/f/Top_Ten.pdf.
- Matin, M., Rahaman, M. M., Nayeem, J., Sarkar, M. and Jahan, M. S. (2015) 'Dissolving pulp from jute stick', *Carbohydrate Polymers*. Elsevier Ltd., 115, pp. 44–48. doi: 10.1016/j.carbpol.2014.08.090.
- Mendham, D. S., Hardiyanto, E. B., Wicaksono, A. and Nurudin, M. (2017) 'Nutrient management of contrasting *Acacia mangium* genotypes and weed management strategies in South Sumatra, Indonesia', *Australian Forestry*. Taylor & Francis, 80(3), pp. 127–134. doi: 10.1080/00049158.2017.1331701.
- Muhammad, A. J., Ong, S. S. and Ratnam, W. (2018) 'Characterization of mean stem density, fibre length and lignin from two *Acacia* species and their hybrid', *Journal of Forestry Research*. Springer Berlin Heidelberg, 29(2), pp. 549–555. doi: 10.1007/s11676-017-0465-9.

- Nambiar, E. K. S., Harwood, C. E. and Mendham, D. S. (2018) 'Paths to sustainable wood supply to the pulp and paper industry in Indonesia after diseases have forced a change of species from Acacia to Eucalypts', *Australian Forestry*, Taylor & Francis, 81(3), pp. 148–161. doi: 10.1080/00049158.2018.1482798.
- Nawawi, D. S., Syafii, W., Tomoda, I., Uchida, Y., Yokoyama, T. and Matsumoto, Y. (2017) 'Characteristics and reactivity of lignin in Acacia and Eucalyptus woods', *Journal of Wood Chemistry and Technology*, Taylor & Francis, 0(0), pp. 1–10. doi: 10.1080/02773813.2017.1291684.
- Patt, R., Kordsachia, O. and Fehr, J. (2006) 'European hardwoods versus Eucalyptus globulus as a raw material for pulping', *Wood Science and Technology*, 40(1), pp. 39–48. doi: 10.1007/s00226-005-0042-9.
- Sarwar Jahan, M., Rubaiyat, A. and Sabina, R. (2007) 'Evaluation of cooking processes for Trema orientalis pulping', *Journal of Scientific and Industrial Research*, 66(10), pp. 853–859.
- Scott, W. E. and Trosset, S. (1989) *Properties of Paper: An Introduction*. TAPPI Press.
- Shmulsky, R. and Jones, P. D. (2011) *Forest Products and Wood Science An Introduction: Sixth Edition, Forest Products and Wood Science An Introduction: Sixth Edition*. doi: 10.1002/9780470960035.
- Shukla, R. N. and Sharma, M. (2013) 'Impact of Cooking Conditions on Pulp Viscosity And Kappa Number of Leucaena Leucocephala Wood for Kraft Pulping', 2(3), pp. 1–10.
- Sjostrom, E. (1993) *Wood chemistry, fundamentals and applications, Carbohydrate Research*. doi: 10.1016/0008-6215(94)90030-2.
- Suess, H. U. (2010) *Pulp bleaching today, Pulp Bleaching Today*. doi: 10.1515/9783110218244.
- Sugesty, S., Kardiansyah, T. and Pratiwi, W. (2015) 'Potensi Acacia crassicaarpa sebagai Bahan Baku Pulp Kertas untuk Hutan Tanaman Industri', pp. 21–32.
- Suhartati, Y. Rahmayanto, Y. D. (2014) 'Dampak Penurunan Daur Tanaman HTI Acacia terhadap Kelestarian Produksi, Ekologis dan Sosial', *Info Teknis Eboni*, 11(2), pp. 103–116.
- Tarigan, M., Roux, J., Van Wyk, M., Tjahjono, B. and Wingfield, M. J. (2011) 'A new wilt and die-back disease of Acacia mangium associated with Ceratocystis manginecans and C. acaciivora sp. nov. in Indonesia', *South African Journal of Botany*, SAAB, 77(2), pp. 292–304. doi: 10.1016/j.sajb.2010.08.006.
- Wan Rosli, W., Mazlan, I. and Law, K. (2009) 'Effects of Kraft Pulping Variables on Pulp and Paper Properties of Acacia Mangium Kraft Pulp', *Cellulose Chemistry and Technology*, 43(1–3), pp. 9–15. Available at: <http://www.cellulosechemtechnol.ro/pdf/CCT1-3-2009/p.9-15.pdf>.
- Wistara, N. J. et al. (2015) 'Effect of tree age and active alkali on kraft pulping of White Jabon', *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 43(5), pp. 566–577. doi: 10.5658/WOOD.2015.43.5.566.

- Halaman ini sengaja dikosongkan -