

KANDUNGAN KIMIA DAN SIFAT SERAT ALANG-ALANG (*Imperata cylindrica*) SEBAGAI GAMBARAN BAHAN BAKU PULP DAN KERTAS

Budi Sutiya¹, Wiwin Tyas Istikowati¹, Adi Rahmadi¹, Sunardi²

¹Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Universitas Lambung Mangkurat

²Program Studi Kimia, FMIPA, Universitas Lambung Mangkurat
Jl. A. Yani km. 35,8 Banjarbaru, Kalimantan Selatan

ABSTRACT

Imperata grassland can be found in South Kalimantan in great amount and is known as a nuisance weed plants. The research is conducted to find out reed's chemical content and its properties to know the description of the nature of the fiber as raw material for pulp and paper. The result of the research shows the water content of Imperata grassland is 97.76%, extractive content is 8.09%, the lignin content is 31.29%; 59.62% of holocellulose, 40.22% of alphacellulose, and 18.40% of pentosan. The second phase of the study of Imperata grassland fiber anatomy have been completed with the results of the fiber diameter is equal to 20 μm ; 8.75 μm of lumen diameter, cell wall thickness is 5.65 μm and fiber length is 2.19 mm. Value of the derivative dimension of the Imperata grassland fiber obtained as follows: runkel ratio is 1.29; 42.24 (%) of mulstep number, power loom is 109.37, the value of flexibility is 0.44 and stiffness coefficient is 0.28.

Key words: Imperata grassland, Chemical Wood, pulp and paper.

PENDAHULUAN

Luas areal hutan di Provinsi Kalimantan Selatan pada tahun 2007 adalah 1.659.003 ha termasuk didalamnya; hutan lindung, hutan alam, hutan produksi tetap, hutan produksi terbatas, hutan konversi dan hutan bakau. Luas lahan kritis di Kalimantan Selatan adalah sebesar 500.077 ha atau sekitar 30,14 persen sehingga perlu adanya rehabilitasi lahan dengan serius (Anonim, 2007). Di sisi lain

kebutuhan akan kayu tetap tinggi untuk berbagai kebutuhan misalnya bahan bangunan, furnitur, kayu lapis, moulding, pulp dan kertas sehingga perlu dilakukan penghematan pemakaian kayu untuk mengurangi kerusakan hutan. Salah satunya dengan mencari substitusi bahan baku yang diperlukan dalam penggunaan kayu antara lain dalam industri pulp dan kertas.

Jenis Bahan baku pulp yang dikehendaki sebagai bahan baku pulp

dan kertas adalah yang sifat fisik maupun kimianya seseragam mungkin, serta dapat secara kontinyu tersedia dalam jumlah yang cukup. Di Indonesia bahan baku pulp ini didapat dari kayu (kayu daun lebar maupun kayu daun jarum), bambu, *bagasse*, alang-alang serta residu hasil pertanian dan perkebunan seperti merang, jerami, batang semu pisang (Anonim, 1995).

Luas lahan alang-alang di Kalimantan Selatan mencapai 525.000 ha yang sebagian besar berada di kabupaten Takisung, Tanah Bumbu dan Tanah Laut yang pada dasarnya merupakan lahan kritis dan tidak dimanfaatkan untuk kegiatan produksi (Mulyani, 2005). Sampai saat ini, pemanfaatan alang-alang masih sangat terbatas, meskipun alang-alang bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku pulp dan kertas sebagai alternatif atau substitusi bahan baku kayu. Dengan memanfaatkan alang-alang sebagai bahan baku pulp dan kertas maka penggunaan kayu akan berkurang sehingga kerusakan hutan pun dapat ditekan. Selain itu alang-alang yang semula hanya dianggap sebagai gulma bisa memberikan nilai ekonomis yang

tinggi jika diolah menjadi lembaran pulp atau kertas yang bermanfaat.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen dan dilaksanakan di Laboratorium Kimia Kayu Fakultas Kehutanan UNLAM.

1. Persiapan Bahan Baku

Alang-alang dibersihkan daunnya dan dibuat serpih dengan ukuran panjang 3 cm untuk analisis sifat serat dan untuk analisis komponen kimia, serpih dibuat serbuk berukuran lolos di saringan 40 mesh dan tertahan di saringan 60 mesh.

2. Analisis Sifat Kimia Kayu

a. Kadar Ekstraktif larut Etanol-Toluena

Analisis zat ekstraktif larut etanol-toluena dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D 1107 – 96, dengan mengekstraksi serbuk kayu dengan etanol toluena selama 4-6 jam. Kadar ekstraktif larut dalam etanol-toluena dihitung dengan rumus :

Kadar ekstraktif (%) =

$$1 - \frac{[(Bkt)x(1 + Ka)]}{Bb} \times 100\%$$

Keterangan :

Bkt = berat kering tanur setelah ekstraksi

Bb = berat serbuk awal (2 g)

Ka = kadar air sebelum ekstraksi

b. Penentuan Kadar Holoselulosa

Analisis kandungan holoselulosa menggunakan standar ASTM D 1104-56. Kadar holoselulosa dinyatakan dalam persen berat kayu kering tanur.

Kadar Holoselulose (%) =

$$\frac{Bkthx(1 + KaSBE)}{Bb} \times 100\%$$

Keterangan :

Bkt h = berat kering tanur holoselulosa

Bb = Berat basah

Ka SBE = Kadar air sebelum ekstraksi

c. Penentuan Kadar α - Selulosa

Analisis kandungan α -selulosa dalam kayu dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D 1103-60 . Penghitungan berat α - selulosa sebagai persen dari berat kering tanur.

Kadar α -selulosa (%) =

$$\frac{Bkt\alpha x(1 + Ka)}{bb} \times 100\%$$

Keterangan :

Bkt α = berat kering tanur α -selulosa

Bb = berat serbuk awal holoselulosa (g)

KaSBE = kadar air serbuk selulosa

d. Penentuan Kadar Pentosan

Penentuan kadar

pentosan dilakukan dengan standar ASTM 1105-56

Kadar pentosan dihitung dengan rumus berikut :

Kadar pentosan (%) =

$$\frac{Bktx(1 + Ka)}{Bb} \times 100\%$$

Keterangan :

Bkt = berat kering tanur pentosan

Bb = berat serbuk awal holoselulosa kering tanur (g)

Ka = kadar air serbuk holoselulosa SBE

e. Penentuan Kadar Lignin

Analisis kadar lignin menggunakan standar ASTM D 1106-56.

Kadar lignin dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Kadar lignin =

$$\frac{BktLx(1 + KaSBE)}{Bb} \times 100\%$$

Dimana :

Bkt L = berat kering tanur lignin

Bb = berat serbuk awal bebas ekstraktif

Ka SBE = kadar air serbuk bebas ekstraktif.

f. Penentuan Kelarutan dalam NaOH 1 %

Penentuan kelarutan dalam NaOH dilakukan dengan menggunakan standar ASTM 1109 – 56. Kadar kelarutan NaOH 1% dihitung menggunakan rumus :

Kelarutan NaOH (%) =

$$\frac{W1 - W2}{W1} \times 100\%$$

Dimana :

W1 = berat serbuk awal dalam kondisi kering tanur (g)

W2 = berat serbuk kering tanur (g)

3. Pengukuran Dimensi Serat

Struktur anatomi yang diukur dalam penelitian ini adalah dimensi serat yang meliputi panjang serat, diameter serat, diameter lumen, tebal dinding sel dan menghitung nilai turunan dimensi seratnya yaitu bilangan runkel, bilangan muhlstep, daya tenun, nilai fleksibilitas dan koefisien kekakuan.

a. Maserasi dan Pengukuran Dimensi Serat

Jumlah serat yang harus diukur pada masing-masing contoh uji ditentukan berdasarkan hasil

pengukuran awal 100 serat yang dihitung menggunakan rumus :

$$N = \frac{4S^2}{L^2} \text{ dimana}$$

$$S^2 = \frac{\sum fxi^2 - \frac{(\sum fxi)^2}{n}}{n - 1}$$

$$L = \frac{\sum fxi^2}{n} \times 0,05$$

Dimana :

N = jumlah serat yang akan diukur

n = jumlah 100 serat pengukuran awal

S = standar deviasi

L = nilai rerata panjang serat

fi = frekwensi serat

xi = panjang serat

Pengukuran dimensi serat dan lebar lumen dilakukan langsung pada tiga tempat dalam arah panjang serat yaitu tengah dan kedua ujungnya. Untuk tebal dinding sel pengukuran dilakukan dengan menghitung selisih rata-rata diameter serat dan diameter lumen dengan menggunakan rumus :

$$W = \frac{d - l}{2}$$

Dimana :

W = tebal dinding sel

d = diameter serat

l = lebar lumen

b. Nilai Turunan Dimensi Serat

Perhitungan nilai turunan dimensi serat dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Bilangan Runkel} &= \frac{2W}{l} \\ \text{Bilangan} & \\ \text{Mulstep(\%)} &= \frac{d^2 - l^2}{l^2} \times 100\% \\ \text{Daya Tenun} &= \frac{L}{d} \\ \text{Nilai Fleksibilitas} &= \frac{l}{d} \\ \text{Koefisien Kekakuan} &= \frac{w}{d} \end{aligned}$$

Dimana :

L = panjang serat

d = diameter serat
l = lebar lumen
w = tebal dinding sel

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan kimia alang-alang diperoleh dengan menyerbukkan alang-alang dan menyaringnya dengan saringan 40 mesh dan 60 mesh. Serbuk yang dipakai sebagai sampel analisis adalah yang serbuk yang lolos saringan 40 mesh tetapi tertahan di saringan 60 mesh. Data yang diperoleh dari pengukuran kandungan kimia alang-alang adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Kandungan kimia alang-alang

Kandungan Kimia Alang-Alang	Persentase (%)
Kadar Air	93,76
Ekstraktif	8,09
Lignin	31,29
Holoselulosa	59,62
Alfa Selulosa	40,22
Pentosan/Hemiselulosa	18,40

Kadar air alang-alang sebesar 93,76 %. Besar kadar air ditentukan berdasarkan lokasi tumbuh dan keadaan lingkungan. Kadar air tumbuhan, lebih tinggi di tempat basah/lembab dibandingkan di tempat kering. Menurut Santosa (1995) rendahnya

jumlah air akan menyebabkan terbatasnya perkembangan akar, sehingga mengganggu penyerapan unsur hara oleh akar tumbuhan. Moenandir (1993) menambahkan bahwa kadar air dalam tumbuhan hendaknya dalam keadaan

seimbang, karena selain diperlukan oleh tumbuhan, air juga berperan sebagai pengangkut unsur hara dan pelarut zat-zat yang diperlukan oleh tumbuhan. Kadar air alang-alang relatif tinggi akan tetapi kadar air bukan merupakan faktor utama dalam penentuan kualitas bahan baku industri pulp dan kertas (Junidi dan Yunus, 2009). Kadar air di sini untuk memprediksi penggunaan bahan kimia untuk pulp dan kertas.

Zat ekstraktif atau komponen luar bukan merupakan bagian integral dari dinding sel, tetapi diendapkan di dalam rongga-rongga mikro dalam dinding sel. Oleh karena itu komponen-komponen ini mudah dipisahkan dari dinding sel dengan pelarut yang sesuai tanpa menimbulkan perubahan pada susunan kimia kayu maupun struktur fisik dinding selnya (Junaidi dan Yunus, 2009). Kadar ekstraktif alkohol benzene yang didapatkan pada batang alang-alang sebesar 8,09% yang termasuk kategori kelas tinggi (>5). Kadar ekstraktif pada tumbuhan berkisar 1-10% (Prawirohatmodjo, 1997). Kadar ekstraktif yang tinggi akan berpengaruh kurang baik pada industri pulp dikarenakan akan menimbulkan *pitch*

atau penumpulan alat-alat yang digunakan dan adanya bercak-bercak pada kertas (Sutopo, 2005).

Dalam pengolahan pulp, lignin sangat berpengaruh terhadap warna pulp, menyukarkan penggilingan dan menghasilkan lembaran yang berkekuatan rendah (Siagian dkk., 2003). Lignin berfungsi sebagai perekat untuk mengikat sel-sel secara bersama-sama. Dalam dinding sel, lignin sangat erat hubungannya dengan selulosa dan berfungsi untuk memberikan ketegaran pada sel. Lignin juga berpengaruh dalam memperkecil perubahan dimensi sehubungan dengan perubahan kandungan air, lignin juga mempertinggi sifat racun kayu yang membuat kayu tahan terhadap serangan cendawan dan serangga (Haygreen dan Bowyeer, 1989).

Lignin dapat diisolasi dari dari serbuk bebas ekstraktif sebagai sisa yang tidak terlarut setelah penghilangan polisakarida dengan hidrolisis. Secara kuantitatif, lignin dapat dihidrolisis dan diekstraksi dari kayu atau diubah menjadi turunan yang mudah larut (Casey, 1980; Achmadi 1990). Besarnya kadar lignin umumnya berbanding terbalik dengan besarnya kadar selulosa artinya semakin

tinggi kadar ligninnya maka semakin rendah kadar selulosanya. Dalam industri pulp dan kertas, lignin adalah komponen yang harus dihilangkan agar sel-sel kayu dapat terurai (Junaidi dan Yunus, 2009). Hasil yang diperoleh, penentuan analisis lignin alang-alang sebesar 31,29%. Nilai kandungan lignin didapatkan sebesar 31,29% termasuk kategori kelas sedang jika dibandingkan dengan kandungan kimia pada kayu jarum berkisar yaitu berkisar 25-35% (Prawirohatmodjo,1997). Hal ini menunjukkan bahwa ditinjau dari segi kandungan ligninnya, alang-alang akan memerlukan bahan kimia pemasak yang sedang dalam industri pulp dan kertas. Kandungan lignin yang tinggi akan menghasilkan mutu/kualitas pulp dan kertas yang kurang baik. Karena lignin yang tinggi akan mempertinggi pemakaian bahan kimia sehingga tidak efisien dan memberikan sifat kaku pada produk pulp.

Kadar holoselulosa dalam kayu menyatakan jumlah senyawa karbohidrat atau polisakarida terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan pektin (Prawirohatmodjo, 1997). Pada pembuatan pulp dan kertas diperlukan

kadar holoselulosa yang tinggi, karena akan memberikan kekuatan yang baik. Kadar holoselulosa alang-alang sebesar 59,62%, sedikit lebih rendah dibandingkan dengan kayu dengan kisaran 60-80%. Akan tetapi jika dilihat, alang-alang merupakan bahan bukan kayu sehingga sangatlah wajar jika nilai kandungan holoselulosa dibawah kandungan holoselulosa kayu tetapi tidak jauh sehingga masih memungkinkan untuk digunakan sebagai bahan baku pulp dan kertas.

Alfa selulosa merupakan selulosa murni, sangat penting dalam industri pulp dan kertas karena derajat polimerisasinya yang panjang. Kandungan selulosa di bawah 40% kurang baik untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan pulp dan kertas. Kandungan selulosa di atas 40% memberikan gambaran positif sebagai bahan baku untuk pulp dan kertas dengan baik (Kasmudjo,1982). Dari hasil yang diperoleh, penentuan analisis selulosa alang-alang sebesar 40,22% sehingga masih memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan baku pulp dan kertas ditinjau dari kadar selulosa. Kandungan selulosa dalam

kayu dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya rendemen pulp yang dihasilkan dalam proses pulping, dimana semakin besar kadar selulosa dalam kayu maka semakin besar pula rendemen pulp yang dihasilkan (Casey, 1980).

Untuk memproduksi pulp, kadar hemiselulosa bahan baku akan mempengaruhi rendemen pulp dan sifat fisik lembaran yang dihasilkan. Dalam penelitian ini penetapan kandungan hemiselulosa ditetapkan melalui penetapan kadar pentosan, karena merupakan bagian dari hemiselulosa kayu. Kadar hemiselulosa alang-alang sebesar 18,40% yang termasuk tinggi dalam kisaran hemi selulosa tumbuhan yaitu berkisar 15-19 % (Prawirohatmodjo, 1997).

Hemiselulosa berfungsi sebagai pengikat pada pembuatan pulp dan kertas sehingga semakin tinggi kandungan hemiselulosa akan semakin baik kualitas pulp dan kertasnya.

5.2. Dimensi Serat dan Nilai

Turunannya

Pengukuran dimensi serat meliputi panjang serat, diameter serat, diameter lumen dan tebal dinding sel. Data awal diperoleh dari pengukuran 100 serat dan dicari jumlah yang diperlukan dengan rumus yang telah dikemukakan dalam metode dan diperlukan jumlah serat sebanyak 8 serat. Data dimensi serat (Tabel 2) serat alang-alang termasuk serat panjang yaitu lebih dari mm yang akan memberikan pengaruh yang baik pada daya tenunnya.

Tabel 2. Dimensi Serat Alang-Alang

No	Panjang Serat (mm)	Diameter Serat (µm)	Diameter Lumen (µm)	Tebal Dinding Sel (µm)
1	2,05	20	5	7,5
2	1,75	25	15	5
3	2,00	20	5	7,5
4	1,90	15	5	5
5	2,50	20	10	5
6	2,38	25	15	5
7	2,43	15	5	5
8	2,50	20	10	5
Total	17,51	160	70	45
Rerata	2,19	20	8,75	5,625

Nilai turunan dimensi serat diperoleh berdasar dimensi seratnya dan diperoleh nilai turunan dimensi serat yang ditampilkan pada Tabel.3

Tabel 3. Nilai turunan dimensi serat

<i>Sampel</i>	<i>Bilangan Runkel</i>	<i>Bilangan Mulstep (%)</i>	<i>Daya Tenun</i>	<i>Nilai Fleksibilitas</i>	<i>Koefisien Kekakuan</i>
<i>Alang-Alang</i>	1,29	42,24	109,37	0,44	0,28

Tabel 4. Persyaratan dan nilai serat kayu sebagai bahan baku pulp dan kertas (Vademenkum Kehutanan)

	Kelas I		Kelas II		Kelas III		Kelas IV	
	Syarat	Nilai	Syarat	Nilai	Syarat	Nilai	Syarat	Nilai
Panjang	2,2	100	1,6-2,2	75	0,9-1,6	50	<0,9	25
Serat(mm)	<0,25	100	0,25-0,5	75	0,5-1	50	>1,00	25
Bil. Runkel	<30	100	30-60	75	60-80	50	>80	25
Bil.Mulstep (%)	>90	100	70-90	75	40-70	50	<40	25
Daya Tenun	>0,80	100	0,6-0,8	75	0,4-0,6	50	<0,40	25
Fleksibilitas	<0,1	100	0,1-0,15	75	0,15-0,2	50	>0,20	25
Kekakuan								
Jumlah		600		450		300		150
Syarat Nilai		451-600		301-450		151-300		150

Rerata panjang serat alang-alang memiliki nilai 2,19 mm yang tergolong dalam kelas 2 dari persyaratan bahan baku pembuatan pulp dan kertas. Serat panjang akan memberikan pengaruh yang baik pada daya tenunnya. Jika serat panjang maka ikatan antar serat akan kuat dan tidak mudah lepas. Selain itu kekuatan lipat dari kertas akan tinggi.

Bilangan runkel merupakan perbandingan dari dua kali tebal serat dengan diameter lumen. Indikator ini

terutama digunakan untuk menilai kualitas serat sebagai bahan baku pulp dan kertas (Prawirohatmodjo, 1993). Semakin kecil nilai bilangan runkel menunjukkan dinding sel yang tipis. Bilangan runkel yang didapatkan dari serat alang-alang masuk dalam kelas 4. Hal ini menunjukkan dinding sel yang tebal dan serat dengan dinding sel tebal akan mengalami susah terjadi *collapse* dan menjadi pipih sehingga kurang membantu memberi luasan permukaan yang lebih besar untuk ikatan serat. Selain itu permukaan

kertas menjadi lebih kasar jika dibandingkan dengan serat ber dinding tipis untuk panjang serat yang sama. Hal ini akan berdampak pula pada koefisien kekakuan. Kertas yang terbentuk akan kaku, akan tetapi hal ini bisa diatasi dengan dilakukannya penggilingan serat dengan pemipih serat (*beater*) hingga diperoleh derajat giling yang disarankan yaitu 200-300 ml csf (*Canadian Standard Freeness*).

Bilangan mulstep merupakan perbandingan antara luas penampang dinding sel terhadap luas penampang lintang sel dalam persen (Anonim,1976). Menurut Marsoem (2002) bilangan mulstep yang semakin rendah menunjukkan kualitas serat yang semakin baik karena dapat menghasilkan lembaran kertas yang halus, plastis dan kuat.

Bilangan mulstep untuk serat alang-alang sebesar 42,24% yang tergolong dalam kelas 2 hal ini menunjukkan kertas alang-alang memiliki permukaankertas yang agak kasar.

Nilai daya tenun menunjukkan jumlah ikatan antar serat yang mungkin terjadi. Semakin tinggi daya tenun berarti serat mempunyai

potensi ikatan antar serat yang tinggi. Semakin besar perbandingan tersebut semakin tinggi kekuatan sobek dan semakin baik daya tenun serat. Daya tenun serat alang-alang sebesar 109,37 yang tergolong daam kelas 1. Hal ini menunjukkan kertas alang-alang memiliki ikatan yang kuat karena serat alang-alang tergolong serat yang panjang. Daya tenun yang tinggi akan memberikan pengaruh yang baik pada kekuatan lipat tarik dan jebolnya.

Bilangan fleksibilitas merupakan perbandingan antara diameter lumen dan diameter serat. Bilangan fleksibilitas yang tinggi menunjukkan dinding sel yang semakin tipis. Menurut Marsoem (2002) ketebalan dinding sel serat tersebut berhubungan dengan derajat pemipihan dan kehalusan serat yang dialami pada proses penggilingan (*beating*). Hasil yang diperoleh dari bilangan fleksibilitas alang-alang sebesar 0,44 yang tergolong dalam kelas 3. Kertas yang dihasilkan oleh serat alang-alang kurang fleksibel.

Koefisien kekakuan serat alang-alang memiliki nilai 0,28 yang tergolong dalam kelas 4. Serat alang-

alang akan menghasilkan kertas yang kaku. Secara keseluruhan nilai turunan dimensi serat sebesar 350 yang tergolong dalam kelas 2. Dari sifat-sifat yang terlihat maka serat dari alang-alang memungkinkan untuk digunakan sebagai bahan baku pulp dan kertas.

KESIMPULAN

Berdasar nilai kandungan kimia menunjukkan bahwa serat alang-alang memungkinkan untuk digunakan sebagai bahan baku pulp dan kertas dilihat dari kandungan selulosanya akan tetapi memerlukan perlakuan-perlakuan khusus terutama dikarenakan kandungan lignin dan ekstraktif yang tinggi. Serat selulosa merupakan serat panjang dengan dinding sel yang agak tebal sehingga akan menghasilkan kertas yang memiliki kekuatan yang tinggi. Nilai turunan dimensi serat menunjukkan alang-alang tergolong pada kualitas 2 yang sesuai digunakan untuk kertas seni dan pengemas misalnya untuk dibuat kertas karton

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih diucapkan kepada Direktorat Jenderal Perguruan Tinggi yang telah mendanai penelitian ini

dengan program Hibah Bersaing 2010. Semoga penelitian ini memberikan banyak manfaat tidak hanya kepada peneliti akan tetapi juga bagi masyarakat secara luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, S.S. 1990. *Kimia Kayu*. Bogor; Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat IPB. Bogor.
- Anonim, 1995. Seri Pengembangan Sumber Daya Nabati Asia Tenggara: *Pohon Kehidupan*. Badan Pengelola Gedung Manggala Wanabhakti dan Prosea Indonesia, Bogor.
- Anonim, 2007. *Proses Pembibitan Untuk Tanaman*. Direktorat Perbenihan dan Sarana Produksi (<http://ditjenbun.deptan.go.id/web/benihbun/benih>).
- ASTM. 2002. *Annual Book of Standard American Society for Testing and Material*. Race st. Philadelphia.
- Casey, J.P., 1980. *Pulp and Paper, Chemistry and Chemical Technology*. Vol I. Pulping and Bleaching. Second Edition. Interscience Publisher. Inc New York.
- Haygreen, J.G and J.L.Bowyer. 1989. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu*, Suatu Pengantar. (Terjemahan oleh Sutjipto A. Hadikusumo). Gadjahmada University Press).
- Junaidi, A.B. dan R. Yunus., 2009. *Kajian Potensi Tumbuhan*

- Gelam (*Melaleuca Cajuput* Powel) Untuk Bahan Baku Industri Pulp: Aspek Kandungan Kimia Kayu. *Jurnal Hutan Tropis Indonesia*. No 28 Hal 284-291.
- Kasmudjo. 1982. Kadar Ekstraktif, Selulosa dan Lignin Beberapa Jenis Tanaman Cepat Tumbuh. *Duta Rimba*. Vol VIII No. 51
- Marsoem, S.N., 2002. Pulp dan Kertas. Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta.
- Mulyani, A., 2005. Teknologi Menyulap Lahan Alang-Alang Menjadi Lahan Pertanian. *Tabloid Sinar Tani*, Yogyakarta.
- Moenandir, J. 1993. Persaingan Tanaman Budidaya dengan Gulma. Buku III. Grafindo Persada. Jakarta
- Prawirohatmodjo, S., 1977. *Kimia Kayu*. Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Santosa. 1995. *Air dan Tanaman*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Siagian, R.M., dkk., 2003. Studi Peranan Fungi Pelapuk Putih dalam Proses Biodelignifikasi Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen). *J. Ilmu & Teknologi Kayu Tropis Vol. 1 • No. 1 • 2003*
- Sixta, H., 2006. *Hand Book of Pulp*. Lindenweg 7 4860 Lenzing, Austria.
- Sutopo, R.S., 2005. Karakteristik Industri Pulp, Makalah Pelatihan Industri Pulp, Balai Besar Pulp dan Kertas. Bandung.