

Pengaruh Aktif Alkali Charge Terhadap Pola Korelasi Derajat Delignifikasi dan Polimerisasi Pada Proses Pulping

Bambang Irawan^{1*}, Imam Bayhaqi¹, Danawati Hari Prajitno²

¹ Program Studi Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional (STITEKNAS) Jambi

² Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya

*Corresponding author, e-mail: birawanits@gmail.com

ABSTRACT

Delignification and depolymerization are great concerns in the cooking process. This research used eucalyptus and acacia mangium with active alkali charge of 16% to 20% and 1% variation. Active alkali charge influences the degree of delignification and degree of polymerization. Every 1% AA charge increase could increase the degree of delignification in eucalyptus and acacia mangium of 0.40 and 0.85% respectively. Every 1% AA increase can decrease DP in eucalyptus and acacia mangium of 3.32% and 7.04% respectively. Reduce of residual lignin on eucalyptus and acacia mangium of 0,4% and 0,7% respectively followed by increase of delignification degree by 1,9% and 3,0% respectively. The correlations between the delignification and polymerization degree in the eucalyptus and acacia mangium were $y(e) = -119.74x + 12135$ and $y(a) = -149.63x + 14716$ respectively.

Keyword: Active alkali charge, degree of delignification, degree of polymerization.

ABSTRAK

Delignifikasi dan depolimerisasi merupakan hal besar dalam proses cooking. Penelitian ini menggunakan kayu Eucalyptus dan akasia mangium dengan variasi alkali aktif charge 16% sampai 20% dan 1%. Alkali aktif charge mempengaruhi derajat delignifikasi dan derajat polimerisasi. Setiap kenaikan 1% muatan AA dapat meningkatkan derajat delignifikasi pada kayu Eucalyptus dan akasia mangium masing-masing sebesar 0,40% dan 0,84%. Setiap kenaikan 1% AA dapat menurunkan DP pada eucalyptus dan akasia mangium masing-masing sebesar 3,32% dan 7,04%. Penurunan residual lignin pada eucalyptus dan akasia mangium masing masing sebesar 0,4% dan 0,7% akan diikuti dengan peningkatan derajat delignifikasi masing masing sebesar 1,9% dan 3,0%. Korelasi antara derajat delignifikasi dan polimerisasi pada kayu eucalyptus dan akasia mangium berturut-turut adalah $y(e) = -119,74x + 12135$ dan $y(a) = -149,63x + 14716$.

Kata kunci: Active alkali charge, derajat delignifikasi, derajat polimerisasi.

PENDAHULUAN

Tahap delignifikasi merupakan salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam proses pulping. Proses pulping merupakan proses pelarutan lignin dan hemiselulosa dari biomassa lignoselulosa dari ikatan selulosa [1]. Proses delignifikasi bertujuan untuk menghilangkan lignin sebanyak mungkin dan melindungi selulosa dari degradasi. Proses pulping kraft merupakan salah satu proses yang paling tepat dan terkenal digunakan untuk proses delignifikasi non-kayu [2]. Proses delignifikasi pada proses pulping kraft terjadi 60% sampai 68% dari total lignin yang

ada dalam kayu [3].

Proses kraft menghasilkan selektivitas yang rendah pada awal dan akhir proses pemasakan karena tingkat kelarutan polisakarida yang tinggi [4]. Lignin akan diekstraksi oleh NaOH selama proses pemasakan berdasar perbedaan konsentrasi NaOH [5]. Dalam hal ini, perbedaan konsentrasi NaOH disebut sebagai Alkali Aktif charge. Alkali aktif charge didefinisikan sebagai $(NaOH + Na_2S)$ dan sulfiditas didefinisikan sebagai perbandingan antara Na_2S dengan $(NaOH + Na_2S)$ yang dinyatakan dalam g / l

Na₂O [6].

Kandungan lignin pada pulp dari proses pulping dikenal dengan bilangan Kappa (KaNo). Bilangan kappa menunjukkan tingkat delignifikasi selama proses cooking. KaNo dapat digunakan sebagai alat untuk membandingkan kadar lignin pada berbagai perlakuan. Bilangan kappa menunjukkan sisa lignin pada pulp yang terbentuk dari proses pulping. Kandungan lignin dalam pulp dapat diubah dari nilai KaNo-nya [7]. $Lignin (\%) = 0,147 \times KaNo$. Derajat delignifikasi (DD%) adalah perbandingan antara penurunan kadar lignin pada suatu kayu setelah proses pemasakan dengan total lignin yang ada pada kayu tersebut [8].

$$\frac{(\text{Total lignin dalam kayu} - \text{Residual lignin dalam pulp})}{\text{Total lignin dalam kayu}} \times 100\%$$

Selain peristiwa delignifikasi, proses cooking juga mempengaruhi proses pemutusan rantai selulosa. Besaran pemutusan rantai selulosa dapat diketahui dari nilai depolimerisasi pada masing-masing pulp yang terbentuk. Semakin rendah nilai DP, dapat diartikan bahwa semakin tinggi degradasi pada serat. Nilai depolimerisasi berhubungan dengan nilai viskositas pulp. Berat molekul selulosa yang dihasilkan dapat ditentukan dengan perhitungan menggunakan persamaan Mark-Howink [9],

$$[\eta] = KM^\alpha \quad (2)$$

Dimana: K, α = Mark-Houwink Constant,

$$K = 9,8 \times 10^{-3} \text{ and } \alpha = 0,9.$$

$[\eta]$ = intrinsic viscosity.

Sementara itu, Derajat Polimerisasi (DP) dihitung dengan membandingkan berat molekul yang diperoleh dengan berat molekul unit struktur

$$DP = \frac{\text{Berat molekul selulosa}}{\text{Berat molekul satu unit glucose}} \quad (3)$$

Derajat polimerisasi menunjukkan tingkat degradasi selulosa selama proses cooking. Semakin tinggi nilai DP, semakin kuat selulosa (serat) dalam peristiwa degradasi selulosa. Kelarutan selulosa dalam soda menurun dengan meningkatnya derajat polimerisasi [10]. Selulosa

rantai panjang yang tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat memiliki nilai DP 600-15000 atau disebut alfa-selulosa [9].

METODE

Material

Dalam penelitian ini kayu eukaliptus dan akasia mangium diambil dari Provinsi Jambi. Umur kayu eucalyptus dan akasia mangium adalah 5 tahun. Chips kayu berukuran panjang 10-30 mm dan tebal 3-6 mm.

Peralatan

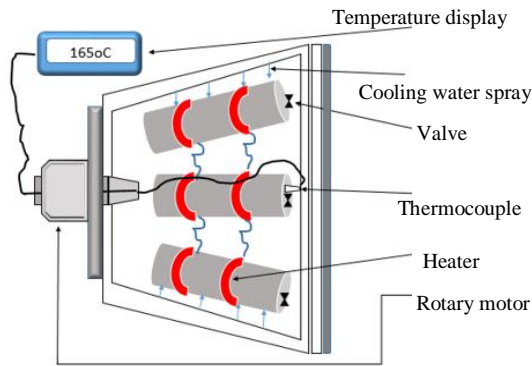
Penelitian ini menggunakan satu set rotary digester dan pulp screen dengan ukuran screen slot 0,15 mm dan screen 325 mesh seperti pada Gambar 1.

Spesifikasi Digester

Nama: *Hot air rotary digester – Haato (6 chamber)*
Haato/F1- 229, Manufacture Haato stainless Oy – Finland
Tipe : 300 152 / F1-229
Tekanan maksimal : 20 bar
Volume : $6 \times 2,5 \text{ dm}^3$
Temperatur maksimal : 0 – 200°C
Power : 12 KW, Voltage $3 \times 100 \text{ V}$



Gambar 1. Hot air Rotary digester – Haato



Gambar 2. Posisi autoclave dalam digester (Nampak samping)

Spesifikasi Screening

Type : 302
 No. Seri : TA 03012
 Screen size : 0.15 mm slot

Prosedur

Analisis kandungan lignin pada kayu menggunakan Metode Uji TAPPI T-222-om-15. Proses pemasakan dilakukan dengan menggunakan mini digester Haato 6 chamber dengan kapasitas maksimal 300 gr masing-masing OD chips. OD (oven kering) adalah kondisi oven kayu kering dengan kadar air 0%. Kondisi pemasakan pada suhu maksimum 165oC, rasio cairan 3,5, sulfiditas 25,0%, variasi muatan alkali aktif 16%, 17%, 18%, 19% dan 20% dan H-factor 800. Parameter analisis pulp hasil cooking adalah KaNo dan viskositas masing-masing menggunakan metode TAPPI-T236-cm85[11] dan TAPPI-T230-cm04 [12]. Perhitungan DD berdasarkan perhitungan persentase lignin kayu dan pulp menggunakan TAPPI T-om-15 [13].

Dalam proses cooking menggunakan cairan pemasak dengan variasi AA charge 16 -20% dan variasi 1%, sulfiditas 25%, rasio cairan 3,5, H-factor 800 dan suhu maksimum 165oC. Proses pencucian dilakukan dengan menambahkan air dan diaduk untuk menguraikan pulp yang terbentuk. Proses penyaringan dilakukan dalam dua tahap dengan slot screen 0,15 mm dan 325 mesh

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Lignin dalam kayu

Kandungan lignin dalam kayu eucalyptus and acacia mangium masing masing sebesar 24,40% dan 23,53%.

Analisa pulp hasil cooking

Data hasil analisa pulp hasil cooking dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data hasil analisa pulp hasil cooking

No	Wood kinds	AA (%)	KaNo	Res. Lignin (%)	Viscosity (Cm ³ /g)	DP
1	Eucalyptus	16	16,69	2,45	818	1365,878
2		17	15,87	2,33	731	1300,715
3		18	14,99	2,20	644	1255,293
4		19	14,60	2,15	630	1205,733
5		20	14,30	2,10	625	1192,838
6	Acacia mangium	16	19,90	2,93	731	1631,763
7		17	18,00	2,65	697	1440,107
8		18	16,69	2,45	649	1250,975
9		19	15,76	2,32	629	1220,795
10		20	15,11	2,22	627	1210,035

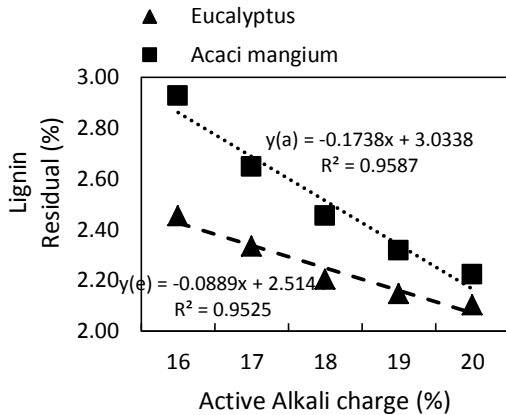
Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa baik pada Eucalyptus maupun Acacia menunjukkan peningkatan AA charge dapat menurunkan nilai bilangan kappa atau nilai viskositas pulp. Nilai residu lignin dihitung berdasarkan nilai KaNo dan derajat nilai polimerisasi yang dihitung berdasarkan nilai viskositas.

Pengaruh AA charge teradap penurunan residual lignin

Active alkali charge dalam proses cooking mempengaruhi nilai residual lignin pada pulp yang dihasilkan. Residual lignin dari kedua jenis pulp dapat dilihat pada gambar 3. Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa penurunan nilai residu lignin kayu eucalyptus, pada peningkatan setiap interval AA charge menyebabkan penurunan nilai residu lignin masing-masing sebesar 4,91%, 5,55%, 2,60%, dan 2,05%. Setiap kenaikan 1% muatan AA dapat mengakibatkan penurunan residu lignin sebesar 3,78%.

Untuk akasia mangium, kenaikan setiap interval AA

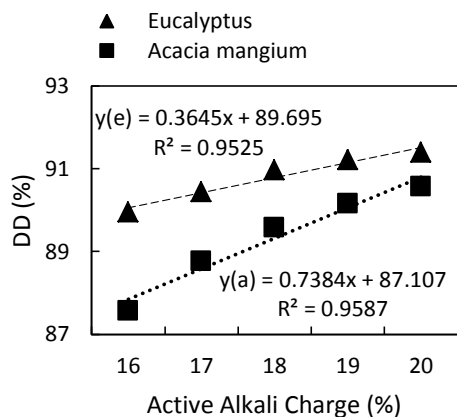
charge menyebabkan residu lignin mengalami penurunan masing-masing sebesar 9,55%, 7,28%, 5,57% dan 4,12%. Setiap kenaikan 1% muatan AA dapat mengakibatkan penurunan residu lignin sebesar 6,68%.



Gambar 3. Pengaruh AA charge terhadap residual lignin pada proses cooking

Pengaruh Active Alkali Charge Terhadap derajat delignifikasi

Variasi aktif alkali charge dalam proses cooking mempengaruhi nilai derajat delignifikasi. Derajat delignifikasi dari pulp dari pengolahan kayu eucalyptus dan acacia mangium dapat dilihat pada Gambar 4.



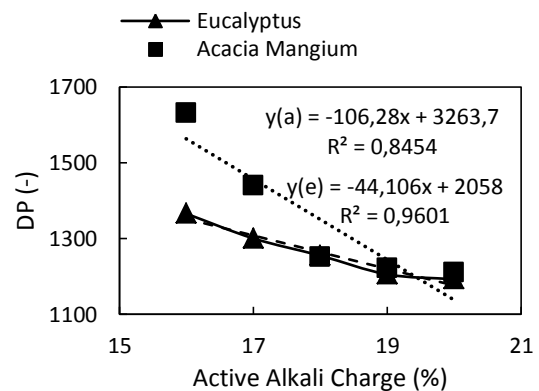
Gambar 4. Pengaruh AA charge terhadap DD pada proses cooking

Pada Gambar 4, menunjukkan bahwa derajat delignifikasi pada eucalyptus memiliki nilai DD yang lebih tinggi

dibandingkan dengan akasia mangium. Hal ini menunjukkan bahwa pada proses cooking kayu eucalyptus mengalami pelepasan senyawa lignin lebih tinggi jika dibandingkan dengan acacia mangium. Untuk eucalyptus, perubahan muatan AA sebesar 16% menjadi 17%, 17% menjadi 18%, 18% menjadi 19% dan 19% menjadi 20% dapat mengakibatkan peningkatan DD masing-masing sebesar 0,55%, 0,59%, 0,26%, dan 0,20%. Setiap kenaikan 1% muatan AA dapat mengakibatkan peningkatan derajat delignifikasi sebesar 0,40%. Untuk akasia mangium, perubahan AA charge sebesar 16% menjadi 17%, 17% menjadi 18%, 18% menjadi 19% dan 19% menjadi 20% dapat mengakibatkan peningkatan DD masing-masing sebesar 1,36%, 0,96%, 0,62%, dan 0,47%. Setiap kenaikan 1% muatan AA dapat meningkatkan derajat delignifikasi sebesar 0,85%.

Pengaruh AA charge terhadap derajat polimerisasi

Aktif alkali charge dalam proses cooking sangat berpengaruh pada derajat polimerisasi. Perbedaan derajat polimerisasi pulp dapat dilihat pada Gambar 5.



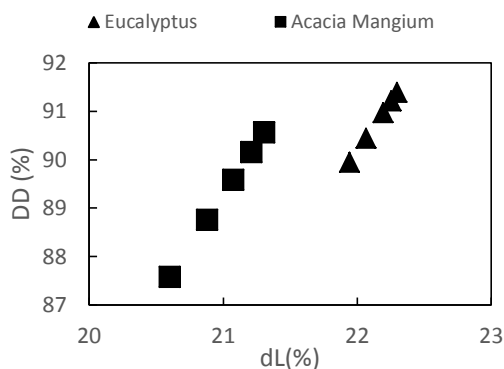
Gambar 5. Pengaruh AA charge terhadap DP pada proses cooking

Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa pada eucalyptus, perubahan muatan AA sebesar 16% menjadi 17%, 17% menjadi 18%, 18% menjadi 19% dan 19% menjadi 20% dapat mengakibatkan penurunan DP sebesar 4,77%, 3,49 %, 3,95%, dan 1,07% masing-masing. Setiap kenaikan AA sebesar 1% dapat menurunkan DP sebesar 3,32%.

Untuk akasia mangium, perubahan biaya AA sebesar 16% menjadi 17%, 17% menjadi 18%, 18% menjadi 19% dan 19% menjadi 20% dapat menghasilkan penurunan DP masing-masing sebesar 11,75%, 13,13%, 2,41% dan 0,88%. Setiap kenaikan 1% AA charge dapat menurunkan DP sebesar 7,04%.

Perbandingan penurunan residual lignin dan derajat delignifikasi

Penurunan residual lignin mempengaruhi perhitungan derajat delignifikasi. Perbandingan residual lignin terhadap derajat delignifikasi pada kedua tipe jenis kayu dapat dilihat pada Gambar 6.



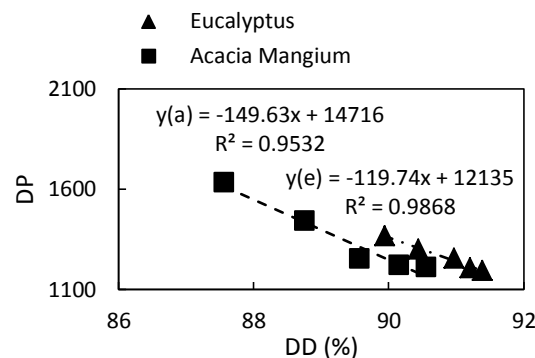
Gambar 6. Penurunan esidual lignin dan nilai derajat deliginifikasi pada proses cooking (dL = penurunan residual lignin, DD (%) = derajat delignifikasi)

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa variasi AA charge 16-20% pada proses cooking berpengaruh terhadap penurunan residu lignin dan peningkatan derajat delignifikasi. Penurunan residu lignin pada eucalyptus dan akasia mangium masing-masing sebesar 21,9% menjadi 22,3% dan 20,6% menjadi 21,3%. Peningkatan nilai DD eucalyptus dan akasia mangium masing-masing sebesar 89,5% menjadi 91,4% dan 87,6% menjadi 90,6%.

Korelasi antara derajat delignifikasi dan derajat polimerisasi

Proses delignifikasi mempengaruhi derajat polimerisasi. Nilai derajat delignifikasi dan derajat polimerisasi tergantung pada jenis kayu dan variasi muatan AA. Hubungan derajat delignifikasi dengan derajat

polimerisasi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Korelasi antara derajat delignifikasi (DD) dan derajat polimerisasi (DP) pada proses cooking.

Dalam Gambar. 7, menunjukkan bahwa pada AA charge 16% sampai 20%, korelasi antara DD dan DP pada masing-masing pulp dari jenis jenis kayu menunjukkan area yang berbeda. Untuk eucalyptus kisaran nilai DD dan DP berturut-turut adalah 89,94 - 91,38% dan 1366 - 1192. Persamaan korelasi antara DD dan DP adalah $y(e) = -119,74x + 12135$. Untuk akasia mangium, kisaran nilai DD dan DP berturut-turut adalah 87,57 - 90,56% dan 1631 - 1210. Persamaan korelasi antara DD dan DP adalah $y(a) = -149,63x + 14716$.

KESIMPULAN

Setiap kenaikan nilai AA charge sebesar 1% baik pada eucalyptus maupun acacia mangium akan mengakibatkan penurunan nilai residual lignin masing-masing sebesar 3,78% dan 6,68%. Setiap kenaikan nilai AA charge sebesar 1% baik pada eucalyptus maupun acacia mangium akan mengakibatkan peningkatan nilai derajat delignifikasi masing-masing sebesar 0,40% dan 0,85%. Setiap kenaikan nilai AA charge sebesar 1% baik pada eucalyptus maupun acacia mangium akan mengakibatkan penurunan nilai derajat polimerisasi masing-masing sebesar 3,32% dan 7,04%. Pada eucalyptus, penurunan residual lignin sebesar 0,4% akan diikuti dengan peningkatan derajat delignifikasi sebesar 1,9%, sementara pada acacia mangium penurunan residual lignin sebesar 0,7% akan diikuti peningkatan derajat delignifikasi sebesar 3,0%. Korelasi antara derajat delignifikasi dengan derajat

polimerisasi pada eucalyptus dan acacia mangium masing masing mempunyai persamaan $y(e) = -119,74x + 12135$ dan $y(a) = -149,63x + 14716$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Jurnal ini disusun berkat dukungan dari beberapa pihak, antara lain Prof, Dr., Ir, Danawati Hari, P, MPd (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) sebagai pembimbing, Kepala Balai Besar Pulp dan Kertas (BBPK) Bandung dan beberapa teman sejawat pada Sekolah Tinggi Teknologi Nasional (STITEKNAS) Jambi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Hu, J., Zhang, Q. & Lee, D.-J., 2017. Kraft lignin biorefinery: A perspective. *Bioresource Technology*, 247, pp.1181–1183.
- [2]. García, A., Toledano, A., Serrano, L., Egues, L., Gonzales, M., Marin, F., Labidi, J., 2009. Characterization of lignins obtained by selective precipitation. *Separation and Purification Technology*, 68(2), pp.193–198.
- [3]. Santos, R.B., Capanema, E. A., Balakshin, M. Y., Chang, H. M., Jamel, H., 2011, Effect of Hardwoods Characteristic on Kraft Pulping Process: Emphasis on Lignin Structure, *Hardwood lignin vs Pulping*, *Bio Resources* 6(4), 3623-3637.
- [4]. Denilson, 2010, Selective Acetone-Water Delignification of *Eucalyptus urograndis*: An Alternative Towards the Biorefinery Approach. *The Open Agriculture Journal*, 4.
- [5]. Ji, Y., Wheeler, M.C. & van Heiningen, A., 2007. Oxygen delignification kinetics: CSTR and batch reactor comparison. *AIChE Journal*, 53(10), pp.2681–2687.
- [6]. Behin, J. & Zeyghami, M., 2009. Dissolving pulp from corn stalk residue and waste water of Merox unit. *Chemical Engineering Journal*, 152(1), pp.26–35.
- [7]. Violette, S. M., 2003, Oxygen Delignification Kinetics and Selectivity Improvement, *Electronic theses and Dissertations*, 233. <http://digitalcommons.library.umaine.edu/etd/233>
- [8]. Wistara, N.J, Carolina, A., Pulungan, W,S., Emil, N., Lee, S, W., 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), pp.566–577.
- [9]. Kasaaï M,R, 2007, Calculation of Mark-Howink-Sakurada (MHS) equation viscosimetric constant for chitosan in any solvent-temperature system using experimental reported viscosimetric constants data, *ScienceDirect, Carbohydrate Polymer* 68 (2007) 477-488.
- [10]. Yamane, 2015. Dissolution of cellulose nanofibers in aqueous sodium hydroxide solution. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 30(01), pp.092–098.
- [11]. TAPPI Test Method, 1999, TPPI 236-cm 85, Kappa number of pulp, TAPPI Press, Canada.
- [12]. TAPPI Test Method, 2004, TAPPI 230-om 04, Viskosity of pulp (capillary viscometer method), TAPPI Press, Canada.
- [13]. TAPPI Test Method, 2002, TAPPI T-222-om-15, Acid-insoluble lignin in wood and pulp, TAPPI Press, Canada.