

OPTIMASI PENGGUNAAN OKSIGEN DI OXYGEN DELIGNIFICATION DENGAN MELIHAT INDIKASI CURRENT SCRAPPER DAN NILAI KAPPA

Optimization of Oxygen Usage in Oxygen Delignification by Monitoring Scrapper Current Indication and Kappa Value

Elizabeth Anju Rosefine¹, Randi Sonata Weri²

^{1,2}Universitas Bung Hatta, Ulak Karang Utara, Kec. Padang Utara, Kota Padang

ABSTRAK

Oksigen delignifikasi merupakan tahap untuk mendelignifikasi pulp sehingga lignin yang masih ada didalam pulp dapat terlepas ikatannya dari pulp, dosis oksigen yang digunakan harus diatur agar mendapatkan kappa reduction sesuai target >45%. Tujuan yang hendak dicapai dari penelitian ini yaitu untuk menganalisa pengaruh oksigen terhadap indikasi load motor scrapper yang ada di reaktor 1 & 2 ODL stage. Penelitian menggunakan metode trial and error yang akan dilakukan di pabrik PT. RAPP. Penelitian dan percobaan dengan memvariasikan O₂ charge dengan kenaikan 0,2 kg/ADt (Air Dry Ton of Pulp), range 10-11,6 kg/ ADt pada reaktor 1, dan 8-10,6 Kg/ADt pada reaktor 2. Dari hasil percobaan ini didapatkan hasil yaitu untuk mendapatkan nilai kappa reduction > 45% dengan menjaga load (current) motor di scrapper pada range 54-56% untuk reaktor 1 dan 60-65% untuk reaktor 2. Untuk masing-masing reaktor charge O₂ pada load (current) tersebut berturut-turut sebesar 10,2-10,6 Kg/ADt dan 8,5-10,5 Kg/ADt.

Kata Kunci: oksigen delignifikasi, pulp, kappa reduction, reaktor, scrapper

ABSTRACT

Oxygen delignification is the stage for delignifying the pulp so that the lignin that is still in the pulp can be released from the pulp. The oxygen dose used must be adjusted to achieve kappa reduction according to the target of >45%. The aim of this research is to analyze the effect of oxygen on the scrapper motor load indication in the ODL stage 1 & 2 reactor. The research uses a trial and error method which will be carried out at the PT. RAPP. Research and experiments by varying the O₂ charge with an increase of 0.2 Kg/ADt, range 10-11.6 Kg/ADt in reactor 1, and 8- 10.6 Kg/ADt in reactor 2. From the results of this experiment the results obtained are for get a kappa reduction value of > 45% by keeping the motor load (current) in the scrapper in the range of 54-56% for reactor 1 and 60-65% for reactor 2. For each reactor the O₂ charge at the load (current) is successive amounting to 10.2- 10.6 Kg/ADt and 8.5-10.5 Kg/ADt.

Keywords: oxygen delignification, pulp, kappa reduction, reactor, scrapper

PENDAHULUAN

Kayu merupakan salah satu sumber daya alam yang terbarukan dan tersedia dalam jumlah yang melimpah di Indonesia. Pemanfaatannya sangat beragam dalam proses industri, salah satunya adalah produksi pulp. Pulp sendiri dapat diproses lebih lanjut menjadi beberapa produk turunan seperti kertas dan serat viscose rayon. Oleh karena itu, industri pembuatan pulp memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan manusia.

Salah satu perusahaan besar di Indonesia yang bergerak di bidang produksi pulp dan kertas adalah Riau Andalan Pulp and Paper (RAPP). RAPP memenuhi kebutuhan pulp, baik di pasar domestik maupun internasional, dengan menggunakan sistem ECF (Elemental Chlorine Free) (Silaban, dkk., 2015). Selain itu, RAPP juga mengelola jenis hardwood seperti Eucalyptus sp., Acacia mangium, dan Acacia crassicarpa, yang mudah tumbuh di daerah tropis seperti Indonesia (Sixta, 2006).

Dalam proses produksi pulp, salah satu tahap penting adalah delignifikasi, yaitu proses penghilangan lignin dari pulp. Tahap ini dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya adalah menggunakan oksigen (oxygen delignification/ODL). Oksigen berperan dalam memutus ikatan lignin yang masih ada dalam pulp, sehingga lignin dapat terlepas (Violette, 2003). Keberhasilan proses delignifikasi oksigen ini dapat diukur melalui nilai Kappa yang dihasilkan di outlet reaktor ODL, dengan target kappa reduction sebesar >45% dan target kappa number antara 9-10.

Namun, dalam proses ODL, penggunaan oksigen harus diatur dengan tepat. Penggunaan oksigen yang berlebihan dapat merusak kekuatan pulp dan menurunkan hasil produksi, sehingga secara ekonomi tidak disarankan (Aria, dkk., 2020). Sebaliknya, jika oksigen yang digunakan terlalu sedikit, target kappa number 9-10 tidak akan tercapai, yang dapat menghasilkan produk akhir yang lebih kuning dan kaku. Hal ini juga akan memerlukan penggunaan bahan kimia pemutih yang lebih banyak pada produk akhir pulp, yaitu kertas.

Saat ini, perubahan penggunaan oksigen pada reaktor ODL masih bergantung pada hasil analisis laboratorium atau indikasi dari kappa analyzer, yang membutuhkan waktu lama dan memiliki tingkat ketelitian yang belum stabil. Namun, efek penambahan atau pengurangan oksigen dapat dilihat langsung dari indikasi beban motor scrapper yang terdapat di atas reaktor 1 dan 2 pada proses ODL. Dengan menjaga beberapa parameter seperti nilai produksi, alkali charge, dan konsentrasi oksigen tetap konstan, variasi oksigen charge dapat diuji untuk mencapai kappa reduction >45%.

Pulp adalah hasil dari proses pemisahan serat dari bahan baku kayu dan non-kayu. Pulp, yang terutama terdiri dari serat selulosa dan hemiselulosa, digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan kertas. Kertas sendiri merupakan campuran dari pulp, bahan aditif, dan air. Kayu adalah sumber utama serat selulosa yang digunakan dalam industri pulp dan kertas. Sekitar 93% kebutuhan serat global berasal dari kayu, sementara sisanya berasal dari sumber non-kayu seperti bagas, jerami, dan bambu (Smook, 2002). Komponen dasar kayu disajikan dalam table dibawah ini :

Unsur	Element (s)	Content [%]
Carbon	C	49
Hydrogen	H ₂	6
Oxygen	O ₂	44
Nitrogen	N ₂	<1
Inorganic elements	Na, K, Ca, Mg, Si	<1

Sumber: Handbook of Pulp(2006)

Kayu, yang melimpah di alam, dibedakan menjadi dua kategori besar: kayu jarum (softwood) dan kayu daun lebar (hardwood). Beberapa jenis hardwood yang sering digunakan dalam industri ini adalah Acacia mangium, Acacia crassicarpa, dan Eucalyptus. Acacia, misalnya, memiliki serat panjang dengan kadar lignin yang rendah serta kandungan ekstraktif yang relatif sedikit, menjadikannya pilihan yang baik untuk industri pulp dan kertas. Karakteristik dari beberapa jenis hardwood disajikan dalam table dibawah ini :

Karakteristik Serat	Acacia mangium	Acacia crassicarpa	Eucalyptus sp.
Selulosa (%)	46-60	54-59	50,84
Hemiselulosa (%)	24-30	26-27	29,78
Lignin (%)	22-24	26-31	24,03
Ekstraktif (%)	3,3-4	1,3-4,3	4,7
Panjang serat (mm)	1,19	1,51-1,76	1,3

PT. RAPP (Riau Andalan Pulp & Paper) menggunakan kayu yang bersumber dari lahan konsesi (hutan milik pemerintah yang dikelola oleh perusahaan) dan lahan milik perusahaan itu sendiri (Riau Fiber). Kayu, sebagai material organik, terdiri dari tiga unsur utama: karbon, oksigen, dan hidrogen, serta sejumlah kecil unsur

anorganik seperti natrium, kalium, kalsium, magnesium, dan silika, yang berperan penting dalam metabolisme sel selama pembentukan dan pertumbuhan kayu.

Pada tingkat makromolekul, unsur-unsur ini membentuk polimer seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin, yang menjadi komponen utama penyusun kayu. Komposisi lignin dan hemiselulosa bervariasi antara softwood dan hardwood, namun komposisi selulosa cenderung seragam di semua jenis kayu.

Dalam industri kimia, berbagai bahan kimia digunakan untuk memfasilitasi dan meningkatkan efisiensi proses produksi serta analisis. Proses produksi melibatkan penggunaan bahan kimia spesifik seperti white liquor, black liquor, chlorine dioxide (ClO₂), hydrogen peroxide (H₂O₂), oxygen (O₂), soda kaustik (NaOH), dan defoamer. White liquor, yang terdiri dari NaOH, Na₂S, dan Na₂CO₃, berfungsi dalam pemasakan untuk melarutkan lignin dari chip kayu. Black liquor, sebagai cairan sisa pemasakan, digunakan untuk meningkatkan suhu pemasakan. Chlorine dioxide dan hydrogen peroxide digunakan dalam proses pemutihan pulp untuk mengurangi lignin dan mencapai tingkat kecerahan yang diinginkan. Oxygen berperan dalam delignifikasi pulp, sementara soda kaustik membantu dalam mengubah suasana campuran pulp ke kondisi basa. Defoamer digunakan untuk menghilangkan busa yang dapat mengganggu proses selanjutnya.

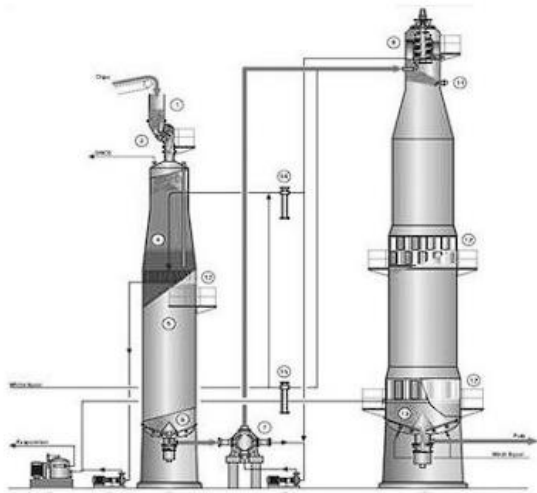
Pada industri pulp dan kertas, pemantauan dan pengendalian proses sangat krusial untuk memastikan kualitas produk akhir dan efisiensi produksi. Salah satu parameter penting dalam proses ini adalah Kappa Number, yang mengukur tingkat delignifikasi dalam pulp. Kappa Number didefinisikan sebagai jumlah permanganat yang dikonsumsi oleh 1 gram pulp dalam

waktu 10 menit pada suhu 25 °C, setelah bereaksi dengan lignin yang belum teroksidasi. Larutan kimia yang digunakan dalam pengujian ini meliputi KMnO₄ sebagai oksidator, Kalium Iodida (KI) sebagai reduktor, H₂SO₄ untuk menciptakan suasana asam, Na₂S₂O₃ sebagai larutan pentiter, dan indikator starch 1% untuk menunjukkan akhir titrasi. Kappa Number membantu menentukan kadar lignin yang tersisa dalam pulp setelah pemasakan, yang sangat berguna dalam mengontrol proses pemasakan dan menentukan kebutuhan bahan kimia untuk proses pemutihan selanjutnya.

Proses pembuatan pulp dimulai dengan pemasakan chip kayu menggunakan bahan kimia, panas, dan tekanan dalam digester. Pada proses ini, lignin yang mengikat serat selulosa dihilangkan dengan menggunakan white liquor, menghasilkan pulp berwarna coklat dan black liquor sebagai produk sampingan. PT RAPP menggunakan proses kraft, yang memanfaatkan Na₂SO₄ dan NaOH dalam pemasakan, untuk mendelignifikasi serat kayu secara efektif.

Wood handling di industri pulp melibatkan pengolahan kayu gelondongan menjadi chip yang sesuai ukuran untuk digester, dengan berbagai kategori chip seperti oversize, overthick, accept, pin chip, dan fines. Chip ini kemudian diproses lebih lanjut sesuai kategorinya untuk memastikan kualitas pulp yang dihasilkan.

Pada Fiberline #3B di PT. RAPP, Pangkalan Kerinci, proses produksi pulp menggunakan alat continuous digester dengan dua vessel utama, yaitu impregnation bin dan digester. Disajikan dalam gambar dibawah ini :



Digester ini beroperasi secara kontinu dengan target produksi pulp mencapai 2.200 ton per hari. Proses dimulai dengan pengisian chip ke dalam chip buffer melalui conveyor belt, diikuti oleh pengukuran volume chip menggunakan chip meter. Selanjutnya, chip diproses dalam impregnation bin yang berfungsi untuk pemanasan awal dan impregnasi dengan suhu dan tekanan yang terkontrol untuk memastikan distribusi liquor yang merata. Setelah itu, chip yang telah terproses dipindahkan ke digester compact cooking yang memiliki tiga zona berbeda untuk cooking dan pencucian, dan menghasilkan pulp dengan Kappa number yang ditargetkan. Pulp hasil cooking kemudian dikirim ke blow tank dan dilanjutkan ke screening room untuk pemisahan accept dan reject.

Pada tahap berikutnya, pulp melalui proses washing menggunakan metode counter current untuk menghilangkan residu black liquor, sebelum masuk ke tahap oxygen delignification untuk mengurangi kandungan lignin dan mempermudah proses bleaching. Table dibawah ini merupakan parameter yang harus sesuai pada proses bleaching.

Parameter	Dhot	EOP	D1	D2
Konsistensi inlet (%)	10 – 12	10 – 12	10 – 12	10 – 12
Konsistensi outlet (%)	25 – 30	25 – 30	25 – 30	25 – 30
Ph	3,5 – 4	10,8 – 11,2	4,5 – 5	4,5 – 5
Temperatur (°C)	70 – 75	80 – 84	75 – 80	75 – 80
Waktu tinggal (min)	60	90	180	180
Target brightness (% ISO)	68 – 70	80 – 82	85 – 86	89,8 – 90,2

Dengan adanya fakta yang ada dilapangan, penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi optimum dalam penggunaan oksigen pada proses ODL dengan mengamati indikasi beban motor scrapper pada reaktor 1 dan 2, sehingga dapat diketahui jumlah oksigen yang optimal untuk mencapai kappa reduction yang diinginkan.

METODE

Penelitian ini dilakukan di PT. RAPP, Fiberline 3B, menggunakan metode trial and error untuk menguji pengaruh variasi charge oksigen pada stage Oksigen Delignifikasi (ODL). Penelitian difokuskan pada analisa kappa number yang dihasilkan setelah proses ODL, dengan indikator load scrapper pada masing-masing reaktor.

Parameter tetap yang digunakan meliputi tekanan dan suhu reaktor, serta alkali charge, sementara variabel peubah utamanya adalah oksigen charge dan load scrapper. Proses pengambilan sampel dilakukan setelah waktu retensi di reaktor ODL, dan sampel pulp kemudian dianalisis di laboratorium untuk menentukan nilai kappa dengan menggunakan metode titrasi. Yang dilakukan perhitungan menggunakan rumus dibawah ini :

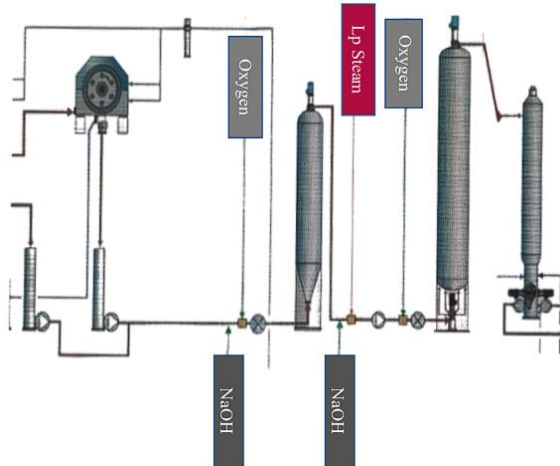
$$p = \frac{b-a}{0.1} \times N \qquad K = \frac{p}{W} \times F$$

Keterangan: a = Volume sampel (mL) b = Volume blanko (mL) W = Oven berat kering sampel (gram) N = Normalitas natrium thiosulfat F = Faktor koreksi pada pemakaian 50 % kalium permanganat, tergantung pada harga p pada table K = Nilai kappa

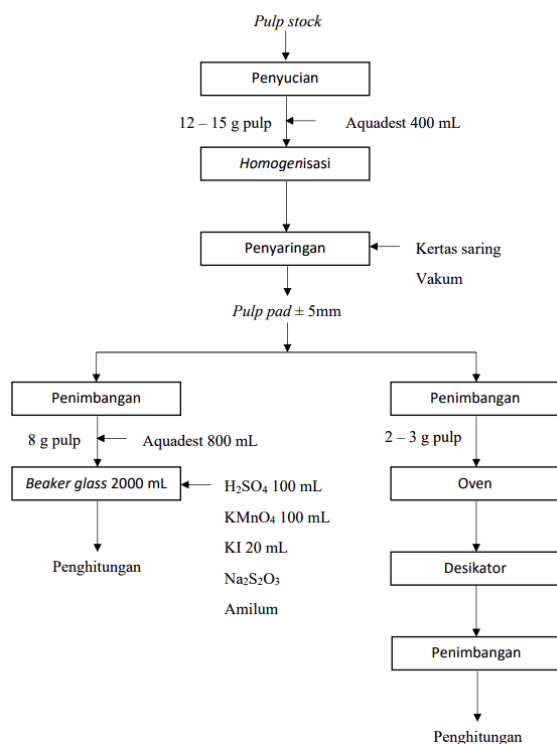
Nilai kappa number hasil parameter yang telah di-adjust menjadi nilai kappa post ODL. Nilai ini digunakan untuk menghitung total kappa reduction yang dihasilkan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kappa Reduction} = \frac{\text{Kappa Post ODL} - \text{Kappa Pre ODL}}{\text{Kappa Pre ODL}} \times 100\%$$

Yang dimana dari penelitian ini tentunya didapatkan sampling poin, yang disajikan dalam gambar dibawah ini :



Dengan blok diagram proses analisisnya disajikan pada gambar dibawah ini :



Penelitian ini juga mencakup luaran dan indikator capaian yang terdiri dari beberapa tahapan. Pada tahap perencanaan,

20% capaian ditargetkan melalui studi literatur dan penetapan parameter proses. Tahap pelaksanaan mencakup 80% capaian, dengan fokus pada pelaksanaan proses penelitian di lokasi yang telah ditentukan sesuai jadwal yang telah direncanakan. Selanjutnya, penulisan laporan penelitian mencapai 100% sebagai tahap akhir. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi, dengan penyesuaian parameter yang berubah dan pengambilan data secara online dari lapangan. Analisa data dilakukan secara kuantitatif berdasarkan hasil pembacaan oleh sistem secara online.

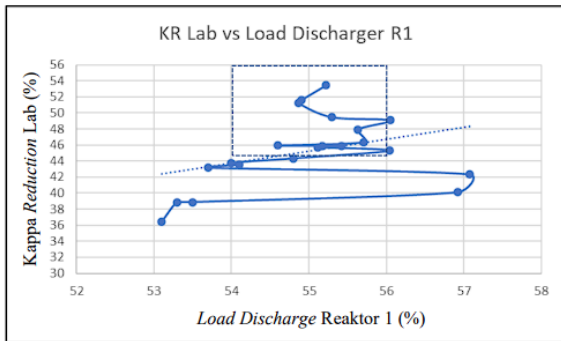
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

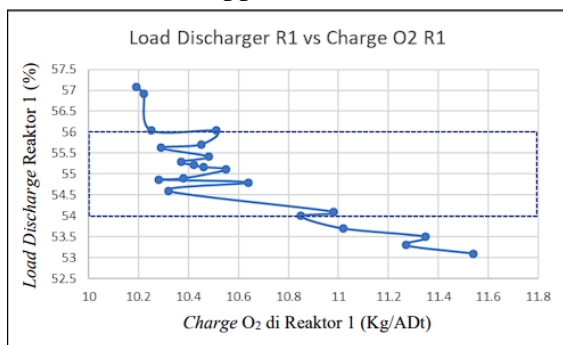
Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan dosis oksigen berpengaruh signifikan terhadap beban scrapper pada Reaktor 1 dan Reaktor 2 dalam tahap oxygen delignification. Semakin tinggi dosis oksigen yang digunakan, semakin banyak gelembung oksigen yang terbentuk dalam reaktor, yang menyebabkan putaran scrapper menjadi lebih ringan. Sebaliknya, jika dosis oksigen rendah, scrapper akan berputar lebih berat, meningkatkan beban yang harus ditanggung. Penelitian ini dilakukan dengan mengatur setpoint oksigen pada Reaktor 1 dari 10 Kg/ADt hingga 11,6 Kg/ADt, dengan perubahan dosis setiap 0,2 Kg/ADt. Setelah 80-90 menit, sampel diambil dan nilai kappa diukur setiap 8 jam untuk menganalisis pengaruhnya. Dengan disajikan dalam bentuk table pada parameter penelitiannya, dibawah ini untuk mempermudah menganalisis:

Parameter	Value
<i>Production Rate</i>	3500-3600 ADt/d
<i>Consistency</i>	9-10 %
<i>Retention time R1</i>	15-20 minutes
<i>Retention time R2</i>	65-70 minutes

Yang dimana hasilnya juga disajikan dalam bentuk grafik, antara lain :

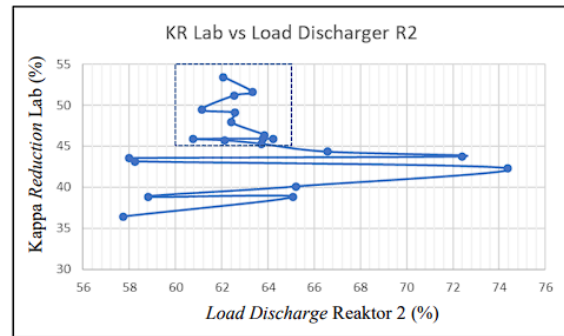


Gambar kappa reduction Lab vs Load Scrapper Reaktor 1

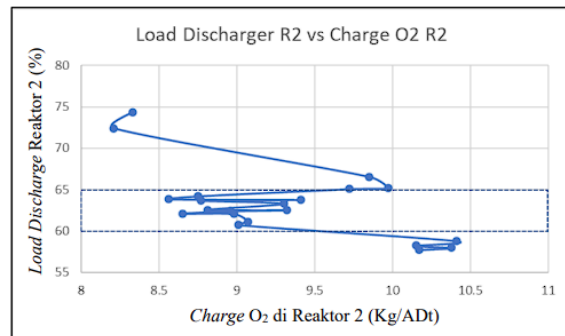


Gambar load scrapper Reaktor 1 vs Charge Oksigen Reaktor 1

Grafik penelitian diatas menunjukkan bahwa kappa reduction yang optimal terjadi ketika nilainya lebih dari 45%, dengan load scrapper berada pada rentang 54-56%. Pada rentang ini, charge oksigen yang digunakan berkisar antara 10,2-10,6 Kg/ADt. Namun, ketika load scrapper berada di bawah 54% atau di atas 56%, kappa reduction tidak mencapai lebih dari 45%. Meskipun meningkatkan dosis oksigen di atas 10,6 Kg/ADt, hasilnya tidak selalu meningkatkan kappa reduction dan bahkan dapat menyebabkan kerusakan pada pulp, menunjukkan adanya batas optimal dalam pemberian dosis oksigen.



Pada grafik diatas kappa reduction $> 45\%$ load scrapper pada reaktor 2 berada berkisar antara 60-65%. Load scrapper pada reaktor 2 lebih tinggi disebabkan karena reaktor 2 ini memiliki kapasitas volume yang lebih besar dibandingkan dengan reaktor 1, yaitu pada reaktor 1 sebesar 465 m³ dan reaktor 2 sebesar 1625 m³. Sehingga massa yang masuk dan keluar juga lebih banyak.



Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada load scrapper 60-65%, charge oksigen di Reaktor 2 berkisar antara 8,5-10,5 Kg/ADt, lebih rendah dibandingkan dengan Reaktor 1. Hasil optimal untuk Reaktor 1 ditemukan pada charge oksigen 10,2-10,6 Kg/ADt dengan load scrapper 54-56%, sementara di Reaktor 2, charge oksigen optimal berada pada 8,5-10,5 Kg/ADt dengan load scrapper 60-65%.

Penelitian ini menyimpulkan bahwa load scrapper dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan dosis oksigen yang tepat di stage oxygen delignification untuk memastikan kappa reduction optimal ($>45\%$) tanpa penggunaan oksigen yang berlebihan atau kurang.

PENUTUP

Sebagai penutup, hasil percobaan ini menunjukkan bahwa untuk mencapai nilai kappa reduction > 45% dalam kondisi optimum, perlu menjaga load (current) motor di scrapper pada rentang 54-56% untuk reaktor 1 dan 60-65% untuk reaktor 2, dengan penambahan oksigen masing-masing sebesar 10,2-10,6 Kg/ADt dan 8,5-10,5 Kg/ADt. Penambahan oksigen terbukti dapat mempengaruhi load motor scrapper di reaktor 1 dan 2 dalam mencapai nilai kappa reduction yang diinginkan.

Peningkatan penambahan oksigen berbanding terbalik dengan indikasi load motor scrapper, yang disebabkan oleh peningkatan proses delignifikasi, kappa reduction, dan penurunan kekentalan pulp. Berdasarkan hasil ini, disarankan agar engineer atau operator selalu waspada terhadap perubahan-perubahan dalam sistem yang sedang ditangani, mempelajari kebiasaan sistem tersebut untuk memberikan penanganan yang tepat, sehingga hasil yang diinginkan tercapai dan keahlian dalam sistem tersebut semakin meningkat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada sponsor riset, lembaga terkait, dan pihak-pihak yang telah memberikan dukungan penting dalam penelitian ini. Bantuan dan kontribusi mereka sangat berarti, meskipun tidak dapat disebutkan secara rinci dalam bagian isi penelitian ini. Tanpa dukungan mereka, penelitian ini tidak akan dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR RUJUKAN

Adiwisastro, A. 1989. Sumber, Bahaya serta Penanggulangan Keracunan. Penerbit Angkasa. Bandung

Darniadi, S. 2010. Identifikasi Achmadi, S.S. (1990). Kimia kayu. Bogor: Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat IPB.

Alaimo, P. J., Langenhan, J. M., Tanner, M. J., & Ferrenberg, S. M. 2010. Safety teams: An approach to engage students in laboratory safety.

Journal of Chemical Education, Ambarish, R, John, K., and Williams, J. 1987. Efficient Signalling with Dividends and Investments. Journal of Finance.

Anonim, 1995, Farmakope Indonesia, Edisi IV, Departemen Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta.

Banavath, H.N., Bhardwaj, K.N., & Ray, A.K. 2011. A comparative study of the effect of refining on charge of various pulps. Bioresource Technology. 102: 4544–4551.

Bhardwaj, N.K., Hoang, V., & Nguyen, K. L. 2004. Pulp charge determination by different methods: Effect of beating/refining. Colloids and surfaces a: physicochemical and engineering aspects. 236 (1), 39-44.

Biermann, C. J. 1996. Handbook of pulping and papermaking. by Christopher. Casey, P. James, 1960, Pulp and Paper, Chemistry and Chemical Technology, Vol I. Second Ed. Intercine Publishing, New York.

Chen, Y., Wan, J., Zhang, X., Ma, Y., & Wang, Y. 2012. Effect of beating on recycled properties of unbleached eucalyptus Cellulose fiber.

Carbohydrate polymers. 87(1), 730-736. Coniwanti, dkk. 2015. Pengaruh konsentrasi, waktu dan temperatur terhadap kandungan lignin pada proses pemutihan bubur kertas bekas. Jurnal Teknik Kimia, No. 3, Vol.21.

Cresswell AJ, Wheatley RJ, Wilkinson RD, Graham RS. 2016. Molecular simulation of the thermophysical properties

and phase behaviour of impure CO₂ relevant to CCS. Faraday discussions.

Darniadi, S. 2010. Identifikasi Bahan Tambahan Pangan (BTP) Pemutih Klorin Pada Beras. Bogor: Balai Besar Pascapanen Pertanian.

Dumanauw, J. F. (1993). Mengenal kayu. Yogyakarta: Kanisius. Fengel, D & Wegener, D. (1984). Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions.

Sastrohamidjojo, H. (penerjemah). (1995). Kayu: Kimia, Struktur, Reaksi Reaksi. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Greenwood, C.T. dan D.N. Munro., 1979, Carbohydrates. Di dalam R.J. Priestley, ed. Effects of Heat on Foodstuffs. Applied Science Publ. Ltd., London. (2006).

Handbook of paper and board. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. Hardjono, S., 1995, Kimia Minyak atsiri, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Harsini, T., Susilowati, 2010, Pemanfaatan Kulit Buah Kakao Dari Limbah Perkebunan Kakao Sebagai Bahan Baku Pulp Dengan Proses Organosolv, Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan.

Haynes, W. M. 2014. CRC handbook of chemistry and physics. CRC press. Hee-Young An., 2005, Effects of Ozonation and Addition of Amino acids on Properties of Rice Starches. A Dissertation Submitted to the Graduate Faculty of the Louisiana state University and Agricultural and Mechanical College.

Hovart, A. T. 2006. Coping with Addiction. Retrieved 16 December 2008. Indrainy, M. (2005). Kajian pulping semimekanis dan pembuatan handmade paper berbahan dasar pelepah pisan. Bogor: Institusi Pertanian Bogor.

Iskandar, I., Horiza, H. and Fauzi, N. 2017. Efektivitas Bubuk Biji Pepaya (*Carica Papaya Linnaeus*) Sebagai Larvasida Alami Terhadap Kematian Larva *Aedes Aegypti* Tahun 2015, Eksakta: Berkala Ilmiah Bidang MIPA.

John J.B., Colin A., & Leo G. The effects of temperatur on pH measurement. County Clare, Ireland: Technical Services Department, Reagecon Diagnostics Ltd,

Shannon Free Zone. Junaedi, A. & Y. Aprianis. 2010. Sifat kayu geronggang sebagai jenis pulpable alternative pada lahan gambut. Bogor: Pusat Litbang Teknologi Hasil Hutan.

Kurniasih, W.N. 2013. Teknologi Pulp dan kertas sulfat (kraft) pulping. Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Mulawarman.

Maximova, N., dkk. 2001. Lignin adsorption on Cellulose fiber surfaces: Effect on surface chemistry, surface morphology and paper strength. Cellulose. 8, 113-125.

Monica, dkk. 2009. Pulp and paper chemistry and technology. Vol. 2: Pulping chemistry and technology. Berlin: Walter de Gruyter GmbH & Co.

Neimol. 1999. Papermaking science and technology. Book 4, Papermaking chemistry. Finland: Fapet Oy.

Novia, A.M. & Jufianto, F. 2014. Pengaruh konsentrasi dan waktu perendaman ammonia terhadap konversi bioetanol dari jerami dengan metode Soaking in Aqueous Ammonia (SAA). Inderalaya: Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

Othmer, K. 1978. In encyclopedia of chemical technology. Wiley. Page, D.H. 1989. The beating of chemical pulps-the action and effects. London: Transaction of 9th Fundamental Research Symposium. 1, 1-38.

Reeve, D.W. 1967. The principles of bleaching. Atlanta: TAPPI Press Saleh, A. 2009. Pengaruh konsentrasi pelarut, temperatur dan waktu pemasakan pada pembuatan pulp dari sabut kelapa muda. Teknik Kimia, 38.

Sixta, H. 2006. Handbook of pulp Vol. I. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.

Smook, G.A. 2002. Handbook for pulp & paper Technologists 3rd Edition. Vancouver: Angus Wilde Publications. SNI 14 ISO 5267 – 2. 2001. Kemampuan Drainase, CSF.

Sugesty, S. 1991. Pengetahuan bahan baku. Yayasan Pendidikan Bhakti Industri. Bandung: Sekolah Teknologi Pulp dan Kertas. Sugesty, S. 1998. Sifat kimia bahan baku. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Selulosa.

Sugesty, S. 2015. Potensi acacia crasicarpa sebagai bahan baku pulp kertas untuk hutan tanaman industri. Selulosa, 21-32.

Susilowati, T. 2010. Pemanfaatan kulit buah kakao dari limbah perkebunan kakao sebagai bahan baku pulp dengan proses organosolv. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan.

Watkins, D. 2015. Extraction and characterization of lignin from different biomass resources. Journal of Materials Research of Technology, 4 (1), 26-32.

Yessica, A. 2010. Pemanfaatan sabut kelapa sebagai bahan baku pembuatan kertas komposit alternatif. Widya Teknik, 12-21