

PENGARUH KONSENTRASI, WAKTU DAN TEMPERATUR TERHADAP KANDUNGAN LIGNIN PADA PROSES PEMUTIHAN BUBUR KERTAS BEKAS

Pamilia Coniwanti *, M. Nugra Prima Anka, Christoforus Sanders

*) Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km.32 Indralaya Ogan Ilir 30662 Tel/Fax +62711580303
Email: sanders_levant@yahoo.com

Abstrak

Dewasa ini jumlah pemakaian kertas di Indonesia meningkat dari tahun ke tahun. Hal tersebut tentunya akan berpengaruh terhadap jumlah limbah kertas yang semakin meningkat, sehingga dibutuhkan proses untuk mengolah limbah kertas tersebut. Pengolahan limbah kertas sudah umum digunakan, namun kertas bekas yang diolah kembali memiliki warna yang kecoklatan karena masih adanya kandungan lignin. Lignin dalam kertas ini dapat dikurangi dengan menggunakan proses pemutihan dengan menggunakan hidrogen peroksida. Molekul hidrogen peroksida mampu meluruhkan ikatan lignin pada kertas menjadi hidrokarbon dapat larut dalam air. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan konsentrasi hidrogen peroksida (5% dan 10%), dengan kertas bekas 25 gram, pelarut 250 ml, temperatur pemanasan (70 °C, 80 °C, 90°C) dan lama pemanasan (30, 60, 90 menit). Produk hasil pemutihan dianalisa kandungan lignin yang tersisa di dalamnya dengan menggunakan metode SNI 0494-2008. Kandungan lignin yang tersisa paling sedikit didapatkan pada konsentrasi hidrogen peroksida 10%, waktu pemanasan 90 menit, dan temperatur pemanasan 90°C. Kandungan lignin yang paling sedikit adalah 0.094%.

Kata kunci : hidrogen peroksida, kertas bekas, lignin, proses pemutihan

Abstract

Nowadays, the number of paper used in Indonesia increased from year to year. It certainly will increase the waste of used paper, so it must have a process to recycle the waste. Recycling used paper are used generally, but recycled paper from used paper usually have brown color that is caused by lignin that still reside inside the paper. Those lignin can be reduced using a process called bleaching, which uses hydrogen peroxide. Hydrogen peroxide molecules can desintegrate the lignin in the used paper into hydrocarbon that can dissolve in water. This research uses hydrogen peroxide at concentration (5% and 10%), with used paper 25 gram, solvent 250 ml, heating temperature (70 °C, 80 °C, 90 °C) and heating time (30, 60, 90 minutes). The residue of lignin inside the paper waste analyzed using the method SNI 0494-2008. Lignin least found on the sample with hydrogen peroxide 10%, heating time 90 minutes, and heating temperature of 90°C. The lignin found on the sample is 0.094%

Key words : bleaching, hydrogen peroxide, lignin, used paper

1. PENDAHULUAN

Pada umumnya kertas bekas hanya dibuang begitu saja dan tidak dimanfaatkan. Kertas bekas ternyata dapat menyebabkan dampak buruk bagi lingkungan, baik dari segi kesehatan maupun keindahan. Untuk mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan maka metode daur ulang kertas dapat diaplikasikan sebagai solusi pemanfaatan kertas bekas sehingga menjadi produk yang berguna.

Kertas yang dibuang sembarangan berpotensi buruk bagi lingkungan sekitar, seperti kebersihan yang tidak terjaga diakibatkan penumpukan kertas bekas yang tidak terkendali dan pemanasan global yang bisa terus meningkat diakibatkan kertas bekas yang di bakar mengandung kadar karbon dioksida yang tinggi. Kertas bekas dapat dimanfaatkan kembali

sebagai pulp dan kertas yang layak pakai untuk dijadikan kertas tulis.

Masyarakat umumnya bisa memanfaatkan kertas sebagai kertas daur ulang dengan memberikan mereka pengetahuan tentang cara pembuatannya. Salah satu bentuk daur ulang kertas bekas yang dapat dilakukan yaitu, dengan menggunakan hidrogen peroksida sebagai bahan pemutih sehingga sampah kertas dapat didaur ulang menjadi *pulp*.

Berdasarkan sifat dari hidrogen peroksida sebagai bahan pemutih dan kondisi proses pemutihan maka diharapkan dapat mengurangi kandungan lignin dan meningkatkan derajat kecerahan *pulp* dari kertas bekas (Wildan, A 2010)

a. Daur Ulang Kertas Bekas

Daur ulang kertas adalah proses memanfaatkan kertas bekas untuk menjadi

sesuatu yang berguna, mengurangi penggunaan energi, mengurangi penggunaan bahan baku yang baru, kerusakan lahan, mengurangi polusi, dan emisi gas rumah kaca jika dibandingkan dengan proses pembuatan barang baru.

Pada umumnya, pembuatan kertas diawali dengan proses *pulping*, dimana ada proses pelunakan bahan agar terbentuk bubur kertas kemudian dilakukan proses pemutihan dan dilanjutkan dengan proses pencetakan (Wildan, A 2010)

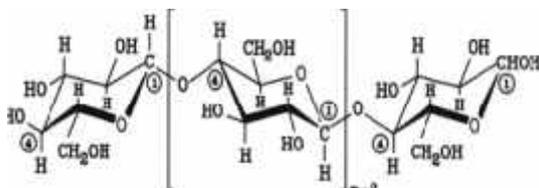
b. Selulosa dan Lignin

Selulosa

Selulosa merupakan polimer dengan rumus kimia $(C_6H_{10}O_5)_n$. Dalam hal ini n adalah jumlah pengulangan unit gula atau derajat polimerisasi yang harganya bervariasi berdasarkan sumber selulosa dan perlakuan yang diterimanya. Kebanyakan serat untuk pembuat *pulp* mempunyai harga derajat polimerisasi sebesar 600 – 1500.

Selulosa terdapat pada sebagian besar dalam dinding sel dan bagian-bagian berkayu dari tumbuh-tumbuhan. Selulosa mempunyai peran yang menentukan karakter serat dan memungkinkan penggunaannya dalam pembuatan kertas. Dalam pembuatan *pulp* diharapkan serat-serat mempunyai kadar selulosa yang tinggi.

Sifat-sifat bahan yang mengandung selulosa berhubungan dengan derajat polimerisasi molekul selulosa. Berkurangnya berat molekul di bawah tingkat tertentu akan menyebabkan berkurangnya ketangguhan. Serat selulosa menunjukkan sejumlah sifat yang memenuhi kebutuhan pembuatan kertas. Keseimbangan terbaik sifat-sifat pembuatan kertas terjadi ketika kebanyakan lignin tersisih dari serat. Ketangguhan serat terutama ditentukan oleh bahan mentah dan proses yang digunakan dalam pembuatan *pulp* (Novia, Lubis, A.M. dan Jufianto, F. , 2014).



Gambar 1. Struktur Molekul Selulosa

Sumber : Harmsen, 2010

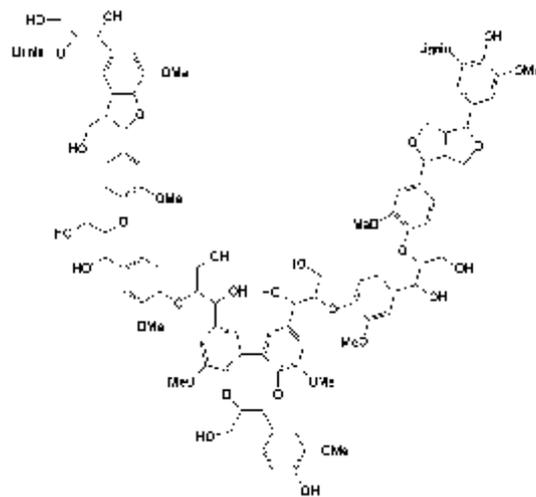
Selulosa adalah unsur struktural dan komponen utama dinding sel dari pohon dan tanaman tinggi lainnya. Senyawa ini juga dijumpai dalam tumbuhan rendah seperti paku, lumut, ganggang, dan jamur. Selulosa tidak dapat

dicerna oleh manusia, hanya dapat dicerna oleh hewan yang memiliki enzim selulosa. Selulosa merupakan karbohidrat utama yang disintesis oleh tanaman dan menempati hampir 60% komponen penyusun struktur kayu.

Lignin

Lignin merupakan makromolekul ketiga yang terdapat dalam biomassa, berfungsi sebagai pengikat antar serat. Lignin dapat dihilangkan dari bahan dinding sel yang tak larut dengan klor dioksida. Struktur molekul lignin sangat berbeda bila dibandingkan dengan polisakarida, karena terdiri dari sistem aromatik yang tersusun atas unit-unit fenil propana. Sifat-sifat lignin yaitu tidak larut dalam air dan asam mineral kuat, larut dalam pelarut organik, dan larutan alkali encer. Lignin yang terikat dalam produk pulp menurunkan kekuatan kertas dan menyebabkan kertas menguning (Novia, Lubis, A.M. dan Jufianto, F. , 2014).

Berdasarkan unsur strukturalnya, lignin dapat dibagi ke dalam beberapa kelompok yaitu, Lignin guaiasil dan Lignin guaiasil-siringil. Lignin guaiasil terdapat pada kayu daun jarum (23-32%), dengan prazat koniferil alkohol. Sedangkan lignin guaiasil-siringil terdapat pada kayu daun lebar (20-28%, pada kayu tropis >30%), dengan prazat koniferil alkohol dan sinapil alkohol dengan nisbah 4:1 sampai 1:2. Penyusun utama lignin kayu daun lebar (*hardwood*) adalah unit-unit *trans-conyferil alcohol* dan *trans-sinapyl alcohol*.



Gambar 2. Struktur Molekul Lignin

sumber : <http://en.wikipedia.org/wiki/Lignin>

Struktur bangun lignin adalah ikatan bersama dari rantai/ikatan eter (C-O-C) dan ikatan karbon (C-C). Komponen penyusun dari lignin adalah monolignols *coniferyl*, *sinaphyl*, dan *p-coumaryl* alkohol yang saling berikatan membentuk struktur 3D. Dalam alam lignin

bersifat hidrofobik yang mana lignin tahan terhadap air, sehingga dinding sel tidak tembus air. Selain itu, lignin tahan terhadap pertumbuhan mikroorganisme dan dapat menyimpan lebih banyak energi matahari daripada selulosa dan hemiselulosa.

Pulp akan mempunyai sifat fisik atau kekuatan yang baik apabila mengandung sedikit lignin. Hal ini karena lignin bersifat menolak air dan kaku sehingga menyulitkan dalam proses penggilingan. Kadar lignin untuk bahan baku kayu 20-35 %, sedangkan untuk bahan non-kayu lebih kecil lagi.

c. Proses Pemutihan (*Bleaching*)

Proses pemutihan merupakan suatu proses penghilangan warna dari serat akibat masih tersisanya lignin pada *pulp* menggunakan bahan kimia. Dalam proses *pulping* tidak dapat 100% melarutkan lignin sehingga pada *pulp* yang dihasilkan masih terdapat sisa lignin yang dengan warna yang berbeda-beda tergantung pada proses pembuatan *pulp* dan jenis kayunya. (Prasetyowati, Riama, G dan Veranika, A. 2012)

Proses pemutihan pada *pulp* bertujuan untuk menaikkan derajat putih, yaitu dengan menghilangkan komponen kromofor yang menyerap sinar di dalam *pulp* yang belum diputihkan terutama gugus fungsional lignin yang terdegradasi dan sisa lignin yang telah diubah. Disamping lignin, senyawa-senyawa lainnya seperti ekstraktif dan komponen-komponen abu, poliosa serta partikel-partikel yang terdelignifikasi secara tidak sempurna dapat pula dihilangkan di dalam proses pemutihan. Pemutihan dapat meningkatkan perubahan sifat-sifat optik *pulp* terhadap penyerapan sinar, penghamburan sinar dan pemantulan yang dinyatakan dalam derajat putih *pulp*. (Wildan, A 2010)

Proses pemutihan *pulp* juga dapat meningkatkan kebersihan *pulp* dengan cara menghilangkan ekstraktif-ekstraktif dan zat-zat yang menyebabkan *pulp* menjadi kotor, yang meliputi kotoran-kotoran anorganik dan sisa kulit. Di dalam pembuatan *pulp* sebagai bahan dasar kertas yang bermutu tinggi, keberadaan hemiselulosa menjadi sangat penting, sementara pada *pulp* larutan, keberadaan hemiselulosa ini justru memiliki pengaruh yang buruk.

Pemutih kertas biasanya menggunakan *oxidizing agent* atau *reducing agent* yang dapat menghilangkan atau memecahkan senyawa kromofor aromatik. Oksidan yang digunakan adalah senyawa klorin, hidrogen peroksida, sodium perborat, potassium permanganat dan ozon, sedangkan reduktan yang biasa digunakan adalah sulfur dioksida dan senyawa sodium

(Jayanudin, 2010)

Proses pemutihan serat harus menggunakan bahan kimia yang reaktif untuk melarutkan kandungan lignin yang ada di dalam serat agar diperoleh derajat kecerahan yang tinggi. Namun demikian, harus dijaga agar penggunaan bahan kimia tersebut tidak menyebabkan pencemaran lingkungan yang berbahaya (Batubara, 2006).

Proses pemutihan diaplikasikan menggunakan beberapa tahap (multi tahap) untuk memperoleh *pulp* yang memiliki derajat putih yang sangat tinggi dan stabil. Proses pemutihan dengan multi tahap merupakan sebuah metode pemurnian *pulp* dengan cara menambahkan bahan kimia pemutih dan pemurni dalam beberapa tahap yang dipisahkan dengan perlakuan pencucian dengan air atau alkali diantaranya, di mana hasil reaksi akan dikeluarkan dalam perlakuan pencucian.

Di dalam proses pemutihan yang menggunakan beberapa tahap, beragam kotoran dalam serat dikeluarkan sedikit demi sedikit dan tanpa menyebabkan kerusakan yang serius pada serat. Sedangkan di dalam proses pemutihan dengan tahap tunggal, bahan pewarna dan lignin telah larut sebelum warna *pulp* menjadi putih.

d. Jenis-Jenis Reaksi Pemutihan (*Bleaching*)

Reaksi dalam proses pemutihan dapat dibagi menjadi dua, yaitu : (Muladi, S 2013)

1) Reaksi Elektrofilik

Reaksi elektrofilik merupakan reaksi tahap awal di dalam proses pemutihan untuk mendegradasi sisa lignin yang ada di dalam *pulp*. Reaksi ini diawali dengan pembentukan ion-ion radikal. Pembentukan ion ini hanya dapat bersifat stabil di dalam medium asam dan bereaksi di bawah kondisi dengan struktur fenolik dan non-fenolik. Namun, bahan kimia pemutih pada tipe radikal bebas dapat bereaksi tidak hanya di dalam medium asam tetapi juga dalam medium alkali. Tipe radikal bebas ini menyerang struktur fenolik dan olefinik.

Reaksi elektrofilik awal menyerang melalui tipe radikal atau kation yang mengakibatkan pembentukan langsung sesuai dengan produk pengganti atau pembentukan pusat untuk reaksi selanjutnya dengan tipe anion sesuai dengan bahan kimia pemutih atau larutan.

2) Reaksi Nukleofilik

Reaksi nukleofilik merupakan reaksi elektrofilik pelengkap mendegradasi sisa lignin, menghilangkan warna *pulp* tanpa merusak lignin di dalam proses pemutihan yang menahan lignin.

Penguraian bahan kimia pemutih di dalam proses pemutihan yang menggunakan katalis logam berat, dapat diminimalkan dengan memilih kondisi reaksi yang sesuai dan

penggunaan bahan kimia yang bersifat kompleks dan stabil. Perubahan struktur kromofor *enone*, misalnya pada gugus *quinon* menjadi struktur yang tidak berwarna dapat dilakukan melalui penambahan nukleofil.

e. Faktor-Faktor Proses Pemutihan

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi proses pemutihan antara lain: (Wildan, A 2010)

1) Konsentrasi

Reaksi dapat ditingkatkan dengan memperbesar konsentrasi bahan pemutih. Penggunaan bahan kimia pemutih yang berlebih tidak akan meningkatkan derajat kecerahan karena derajat kecerahan yang dicapai telah maksimal. Konsentrasi hidrogen peroksida yang dipakai untuk proses pemutihan antara 1% hingga 10%.

2) Waktu Reaksi

Pada umumnya, perlakuan bahan kimia pemutih terhadap serat akan menjadi lebih reaktif dengan memperpanjang waktu reaksi. Namun, waktu reaksi yang terlalu lama akan merusak rantai selulosa dan hemiselulosa pada serat tersebut.

3) Suhu

Peningkatan suhu dapat menyebabkan peningkatan kecepatan reaksi pada reaksi pemutihan. Pemilihan suhu ditentukan pada penggunaan bahan kimia pemutih. Suhu pemutihan biasanya diatur berkisar antara 40-100 °C

4) pH

pH memiliki pengaruh yang sangat penting terhadap proses pemutihan secara keseluruhan. Nilai pH bergantung pada jenis penggunaan bahan pemutih (*bleaching agent*). Misalnya, pada proses pemutihan dengan hidrogen peroksida diperlukan suasana basa antara pH 8 hingga pH 12.

5) Rasio Bahan dan Zat Pemutih

Perbandingan bahan yang akan akan diputihkan dengan bahan pemutih akan mempengaruhi hasil yang didapat. Semakin kecil perbandingan rasio bahan yang akan diputihkan dengan bahan pemutih akan meningkatkan reaksi pemutihan. Tetapi dengan rasio yang semakin kecil akan mengurangi efisiensi penggunaan zat pemutih. Pada proses pemutihan (*bleaching*) umumnya dipakai rasio bahan dengan zat *bleaching* antara 8 : 1 hingga 20 : 1.

Kelima faktor tersebut berpengaruh terhadap kualitas produk serat yang dihasilkan seperti kecerahan (*brightness*), kuat tarik (*tensile strenght*), kelunakan (*softness*) maupun daya mulur (*elongation*). Proses pemutihan (*bleaching*) digunakan untuk menghilangkan komponen berwarna atau mengubahnya menjadi

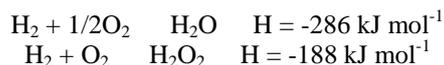
zat yang tidak berwarna. Ikatan rangkap dua terkonjugasi (dalam gugus kromofor) menyebabkan penyerapan sinar pada panjang gelombang cahaya, sehingga menimbulkan warna. Komponen lignin pada serat selulosa berperan dalam menghasilkan warna.

f. Hidrogen Peroksida

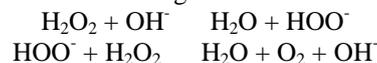
Hidrogen peroksida berbentuk cairan tidak berwarna, sedikit lebih kental dari air dan dapat bercampur dengan air dalam berbagai komposisi. Hidrogen peroksida bersifat asam yang sangat lemah dan mempunyai kemampuan sifat oksidator yang sangat kuat. Hidrogen peroksida digunakan sebagai zat pemutih (*bleaching*), desinfektan, antiseptik, oksidator dan pendorong roket. Hidrogen peroksida ini memiliki suhu optimum yaitu, 80-85 °C. Jika suhu pada saat proses kurang dari 80 °C maka proses akan berjalan lambat, sedangkan jika lebih dari 85 °C hasil proses tidak sempurna

Pemutihan dengan H₂O₂ ini memiliki beberapa keuntungan yaitu waktu pengerjaannya singkat, karena pada saat proses pengerjaan dengan menaikkan suhu hingga 85 °C secara konstan selama ± 1 jam, maka serat akan lebih cepat diputihkan; hasil pemutihan baik dan rata, dengan menggunakan proses pemanasan maka warna asli pada serat dapat terurai dan bahan menjadi lebih putih dan rata. Hasil derajat putih yang dihasilkan juga stabil, tidak mudah menjadi kuning; kemungkinan kerusakan kecil, karena daya oksidasi hidrogen peroksida lebih kecil, kerusakan yang dihasilkan juga kecil; demikian juga karena pengaruh penggunaan natrium silikat sebagai stabilisator yang memperlambat penguraian dari hidrogen peroksida sehingga kerusakan lebih kecil, sifatnya lebih ramah lingkungan dibandingkan oksidator lain karena peruraian hanya menghasilkan air dan oksigen (Muladi, S 2013).

Dibandingkan dengan air, energi dalam hidrogen peroksida lebih tinggi. Entalpi pembentukan air adalah sebesar -286 kJ mol⁻¹ sedangkan untuk hidrogen peroksida sebesar -188 KJ.mol⁻¹. Hal ini menyebabkan hidrogen peroksida kurang stabil dan dapat terurai menjadi air dan oksigen.



Dekomposisi hidrogen peroksida dengan ion hidroksida adalah sebagai berikut :



Hidrogen peroksida adalah salah satu oksidator kuat, yang mempunyai nilai potensial

oksidasi lebih besar dari klorin, klorin dioksida dan kalium permanganat (Wildan, A 2010).

g. Proses Pemutihan Menggunakan H₂O₂

Hidrogen peroksida tidak hanya digunakan untuk memutihkan *pulp* mekanik, tetapi juga di dalam serangkaian tahap pemutihan pada beberapa industri *pulp* kimia. Bahan kimia ini sering digunakan pada tahap akhir dalam rangkaian proses pemutihan dan menghasilkan peningkatan derajat putih dan stabilitas pada *pulp* tanpa mengalami penurunan rendemen dan lignin yang signifikan. Peroksida tidak memiliki delignifikasi yang luas pada *pulp*, tetapi membantu mengurangi warna yang disebabkan oleh senyawa alami asal atau yang terbentuk selama proses pulping atau pemutihan. Keuntungan lain dari penggunaan peroksida sebagai bahan kimia pemutih adalah kemudahan dalam penanganan dan penerapan serta menghasilkan produk yang relatif tidak beracun dan tidak berbahaya. Namun kekurangannya adalah harga bahan kimia peroksida dan bahan aditif yang masih tinggi.

Faktor yang berpengaruh dalam proses pemutihan menggunakan peroksida adalah suhu, alkalinitas dan konsistensi. Sementara hasil yang diperoleh dalam proses pemutihan ini tergantung pada jenis kayu, umur kayu dan kondisi proses pemutihan. Proses pemutihan menggunakan peroksida biasanya dilakukan pada suhu 60-80 °C dengan kisaran waktu 30 menit hingga 4 jam. Pada suhu di atas 60 °C, peroksida merupakan bahan kimia pemutih yang efektif untuk meningkatkan derajat putih *pulp* mekanik dan semi mekanik tanpa harus kehilangan lignin dan rendemen secara signifikan (Muladi, S 2013)

Pengaruh pH pada pemutihan menggunakan peroksida berbeda dengan bahan kimia lainnya. Derajat putih yang tinggi dapat diperoleh pada penggunaan pH 1 tetapi derajat putih berkurang dengan tajam pada penggunaan pH lebih dari 4, yang kemudian meningkat secara tetap pada penggunaan pH di atas 10,5. Oleh karena itu, peroksida umumnya digunakan di bawah kondisi alkali.

Selektifitas pemutihan dengan peroksida tidak baik apabila menggunakan pH di atas nilai 12. Pemutihan dengan peroksida juga tergantung pada tahap pemutihan sebelumnya khususnya oksigen. Radikal oksigen juga mampu merusak gugus aromatik dan sisa karbohidrat dalam bentuk endapan.

Hidrogen peroksida di dalam air akan terurai menjadi ion H⁺ dan OOH⁻. Ion OOH⁻ ini merupakan oksidator kuat yang berperan pada proses pemutihan *pulp* karena zat warna lama atau pigmen alam yang merupakan senyawa organik yang mempunyai ikatan rangkap dapat

dioksidasi menjadi senyawa yang lebih sederhana atau direduksi menjadi senyawa yang mempunyai ikatan tunggal, sehingga dihasilkan *pulp* putih.

Hidrogen peroksida mengoksidasi unit non-fenolik lignin melalui pelepasan satu elektron dan membentuk radikal kation yang kemudian terurai secara kimiawi. Unit non-fenolik merupakan penyusun sekitar 90% struktur lignin. Hidrogen peroksida dapat memutus ikatan C-C molekul lignin dan mampu membuka cincin lignin dan reaksi lain. Hidrogen peroksida mengkatalis suatu oksidasi senyawa aromatik non-fenolik lignin membentuk radikal kation aril. Hidrogen mengkatalis oksidasi senyawa lignin non-fenolik dengan perubahan *veratryl alcohol* menjadi *veratryl aldehyde* (Jayanudin, 2010)

Hidrogen peroksida merupakan oksidan yang kuat juga mempunyai kemampuan mengoksidasi senyawa fenolik, amina, eter aromatik dan senyawa aromatik polisiklik. Oksidasi substruktur lignin yang dikatalisatori oleh H₂O₂ dimulai dengan pemisahan satu elektron cincin aromatik substrat donor dan menghasilkan radikal kation aril, yang kemudian mengalami berbagai reaksi *post-enzymatic*.

Hidrogen peroksida termasuk zat oksidator yang bisa digunakan sebagai pemutih *pulp* yang ramah lingkungan. Di samping itu, hidrogen peroksida juga mempunyai beberapa kelebihan antara lain *pulp* yang diputihkan mempunyai ketahanan yang tinggi serta penurunan kekuatan serat sangat kecil. Pada kondisi asam, hidrogen peroksida sangat stabil, pada kondisi basa mudah terurai. Peruraian hidrogen peroksida juga dipercepat oleh naiknya suhu. Zat reaktif dalam sistem pemutihan dengan hidrogen peroksida dalam suasana basa adalah *perhydroxyl anion* (HOO⁻). Anion ini terbentuk dari penambahan alkali terhadap hidrogen peroksida (Fuadi, A 2008) :



Proses pemutihan, peruraian hidrogen peroksida sebagaimana persamaan (1) dikenal dengan *deprotonation*. Dengan adanya logam-logam transisi seperti Fe, Mn, dan Cu, dekomposisi dari hidrogen peroksida dalam larutan basa dianggap berlangsung sebagaimana reaksi ionik berikut (Fuadi, A 2008):



Logam-logam transisi bertindak sebagai katalis yang mengarahkan dekomposisi H₂O₂ mengikuti persamaan reaksi (2). Pada kondisi basa, dengan adanya katalisator, hasil-hasil dekomposisi hidrogen peroksida antara lain radikal-radikal anion hidroksil dan superoksida sebagai zat *intermediate* sebagaimana persamaan

(2). Pada pemutihan selulosa dapat menyebabkan efek positif delignifikasi dan efek negatif depolimerisasi selulosa. Umumnya radikal menghasilkan efek negatif lebih banyak daripada efek positifnya sehingga ion logam transisi dihilangkan sebelum proses oksidasi.

Pada pemutihan dengan hidrogen peroksida diharapkan yang terjadi adalah persamaan reaksi (1), sedangkan reaksi dekomposisi yang disebabkan dari pengaruh katalis ion-ion logam transisi harus dicegah, karena tidak memberikan dampak yang efektif pada proses pemutihan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

a. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dan Analisa telah dilakukan pada bulan Juni 2015 sampai Agustus 2015, di Laboratorium Dinas Pertambangan dan Energi Nasional Palembang.

b. Alat dan Bahan Penelitian

Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah seperangkat alat titrasi, blender, ember, *water bath*, neraca analitis, gelas ukur, gelas kimia, erlenmeyer, termometer, spatula, pengaduk, labu ukur, oven, pipet ukur, buret, *hot plate*.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan untuk melakukan penelitian ini adalah kertas bekas, *aquadest*, H_2O_2 , $KMnO_4$, H_2SO_4 , $Na_2S_2O_3$, indikator amilum, KI.

c. Variabel Penelitian

Variabel Tetap

Variabel tetap dari penelitian ini adalah jumlah umpan kertas bekas 25 gr/sampel dengan ukuran kertas bekas $\pm 1 \times 1$ cm dan waktu perendaman 14 jam.

Variabel Bebas

Variabel bebas yang digunakan adalah temperatur pemanasan yaitu, $70^\circ C$, $80^\circ C$ dan $90^\circ C$; konsentrasi H_2O_2 yaitu, 5% dan 10%; waktu pemanasan yaitu, 30 menit, 60 menit, dan 90 menit.

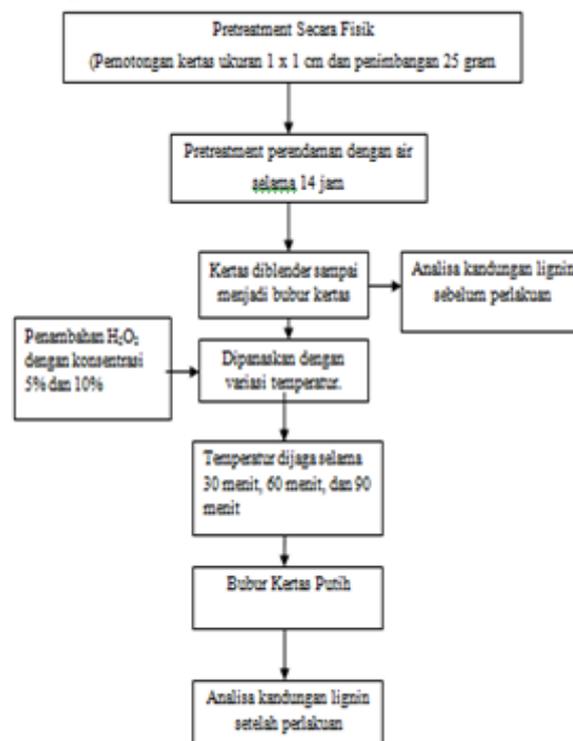
d. Prosedur Penelitian

Kertas bekas yang digunakan sebagai bahan baku dipotong kecil – kecil dengan ukuran 1×1 cm. Kertas yang telah dipotong sebanyak 25 gram direndam di dalam botol berisi air sebanyak 250 ml, perendaman dilakukan selama 14 jam. Hasil perendaman ditiriskan. Kertas kemudian diblender sampai menjadi bubur. Bubur kertas dipanaskan dengan variasi $70^\circ C$, $80^\circ C$, dan $90^\circ C$

Pada masing – masing temperatur dilakukan penambahan H_2O_2 dengan konsentrasi

5% dan 10%. Dilakukan pemanasan dengan menjaga temperatur di atas selama 30 menit, 60 menit, dan 90 menit. Kemudian sampel dikeringkan di dalam oven dengan suhu $110^\circ C$ dalam waktu 6 jam. Sampel yang telah dikeringkan kemudian diambil 0,6 gram per sampel untuk analisa.

e. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Diagram Alir Proses Penelitian

f. Prosedur Analisa

Masukkan sampel sebanyak 0,6 gr ke dalam Erlenmeyer 300 ml dan tambahkan 200 ml akuades, lalu diaduk di atas hot plate. Tambahkan 25 ml larutan $KMnO_4$ 0,1 N dan 25 ml H_2SO_4 4N secara bersamaan.

Kemudian diaduk selama 10 menit. Setelah 10 menit, tambahkan larutan 5 ml larutan KI 1N. Lalu tambahkan indikator amilum 1% hingga larutan berubah warna menjadi biru. Lakukan titrasi menggunakan $Na_2S_2O_3$ hingga tak berwarna (bening), pemakaian $Na_2S_2O_3$ 0,1N dicatat sebagai a ml, dilakukan percobaan sebanyak 3 kali.

Kerjakan prosedur yang sama untuk blanko (tanpa menggunakan sampel). Pemakaian $Na_2S_2O_3$ 0,1N dicatat sebagai b ml.

Pernyataan hasil dihitung sebagai berikut :

$$p = ((b-a)N) / 0.1$$

$$K = (p \times f) / W$$

$$\% \text{ Lignin} = K \times 0.147$$

Keterangan :

K = nilai kappa number

- f = faktor koreksi pemakaian $KMnO_4$
- b = natrium tiosulfat yang terpakai pada titrasi contoh tanpa sampel (mL)
- a = natrium tiosulfat yang terpakai pada titrasi contoh dengan sampel (mL)
- w = berat contoh kering (gram)
- N = normalitas natrium tiosulfat (N)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan variabel tetap yaitu jenis kertas bekas, volum pelarut, dan lama perendaman, sedangkan variabel bebasnya adalah temperatur pemanasan (70°C, 80°C, 90°C), waktu pemanasan (30 menit, 60 menit, 90 menit), dan konsentrasi hidrogen peroksida (5% dan 10%) Untuk mengetahui lignin yang terkandung dalam produk setelah proses bleaching dilakukan analisa menggunakan pengujian *Kappa Number* (SNI 0494-2008)

Data hasil dan pembahasan mengenai pengaruh temperatur pemanasan, waktu pemanasan, dan konsentrasi hidrogen peroksida terhadap kandungan lignin hasil bleaching dapat dilihat sebagai berikut

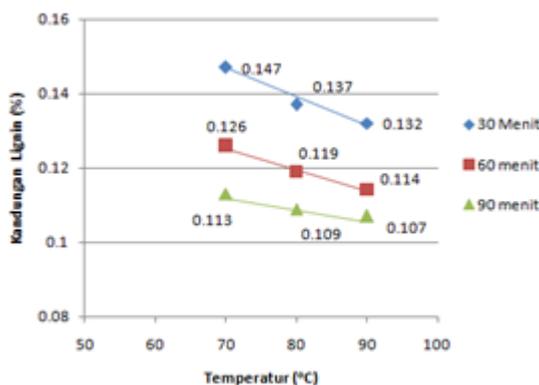
a. Pengaruh Konsentrasi H_2O_2 (5%), Temperatur (70, 80, 90 °C), dan Waktu (30, 60, 90 menit) dalam Proses *Bleaching* terhadap Persentase Kandungan Lignin

Berdasarkan hasil analisa *Kappa Number* (SNI 0494-2008), dapat diketahui persentase lignin yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh Konsentrasi H_2O_2 (5%), Temperatur (70, 80, 90 °C), dan Waktu (30, 60, 90 menit) dalam Proses *Bleaching* terhadap Persentase Kandungan Lignin

Lama Pemanasan (Menit)	Temperatur (°C)	Kandungan Lignin (%)
30	70	0.147
	80	0.137
	90	0.132
60	70	0.126
	80	0.119
	90	0.114
90	70	0.113
	80	0.109
	90	0.107

Dari tabel 1. dapat dilihat konsentrasi H_2O_2 (5%), temperatur, dan waktu dalam proses *bleaching* terhadap kandungan lignin dalam produk *bleaching* yang dihasilkan. Pengaruh dari konsentrasi H_2O_2 (5%), temperatur, dan waktu terhadap produk *bleaching* tersebut dapat dilihat pada gambar 4 sebagai berikut.



Gambar 4. Pengaruh Konsentrasi H_2O_2 (5%), Temperatur (70, 80, 90 °C), dan Waktu (30, 60, 90 menit) dalam Proses *Bleaching* terhadap Persentase Kandungan Lignin

Pada gambar 4 dapat dilihat semakin besar temperatur semakin sedikit kandungan lignin pada produk baik pada pemanasan 30, 60, maupun 90 menit. Hal ini dikarenakan semakin tinggi temperatur yang digunakan, maka kecepatan reaksi delignifikasi pada proses *bleaching* juga meningkat, sehingga lignin yang terkandung dalam kertas bekas juga berkurang. Waktu pemanasan yang digunakan juga mempengaruhi kandungan lignin pada kertas bekas.

Dapat dilihat pada lama pemanasan 90 menit kandungan lignin dalam kertas bekas paling sedikit dibandingkan dengan pada lama pemanasan 30 menit dan 60 menit. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu pemanasan maka reaksi delignifikasi hidrogen peroksida terhadap lignin akan menjadi lebih reaktif, sehingga lignin yang terkandung dalam produk semakin berkurang.

Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Jayanudin (2010) yang mengatakan temperatur dan waktu pemanasan mempengaruhi proses *bleaching* dimana semakin tinggi temperatur dan lamanya waktu pemanasan maka kandungan lignin pada produk akan semakin sedikit.

b. Pengaruh Konsentrasi H_2O_2 (10%), Temperatur (70, 80, 90 °C), dan Waktu (30, 60, 90 menit) dalam Proses *Bleaching* terhadap Persentase Kandungan Lignin

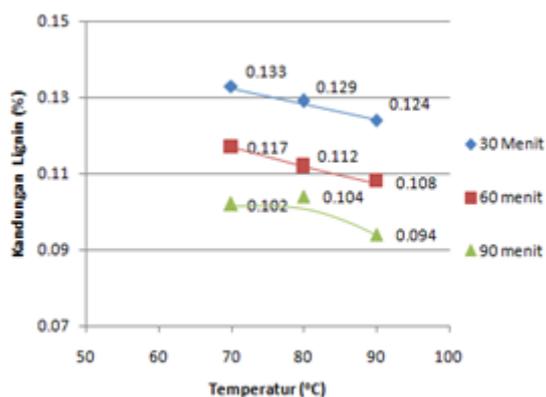
Berdasarkan hasil analisa *Kappa Number* (SNI 0494-2008), dapat diketahui persentase lignin yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh Konsentrasi H_2O_2 (10%), Temperatur (70, 80, 90 °C), dan Waktu (30, 60,

90 menit) dalam Proses *Bleaching* terhadap Persentase Kandungan Lignin

Lama Pemanasan (menit)	Temperatur (°C)	Kandungan Lignin (%)
30	70	0.133
	80	0.129
	90	0.124
60	70	0.117
	80	0.112
	90	0.108
90	70	0.102
	80	0.104
	90	0.094

Dari tabel 2. dapat dilihat konsentrasi H₂O₂ (10%), temperatur (70, 80, dan 90°C) dan waktu (30, 60 dan 90 menit), dalam proses *bleaching* terhadap kandungan lignin dalam produk *bleaching* yang dihasilkan. Pengaruh dari konsentrasi H₂O₂ (10%), temperatur, dan waktu terhadap produk *bleaching* tersebut dapat dilihat pada gambar 5 sebagai berikut.



Gambar 5. Pengaruh Konsentrasi H₂O₂ (10%), Temperatur (70, 80, 90 °C), dan Waktu (30 menit) dalam Proses *Bleaching* terhadap Persentase Kandungan Lignin

Pada gambar 5 dapat dilihat semakin besar temperatur semakin sedikit kandungan lignin pada produk. Pada bagian grafik 30 menit, kandungan lignin berkurang seiring meningkatnya temperature. Begitu pula dengan bagian grafik 60 menit. Pada Bagian grafik 90 menit, ada sedikit kenaikan pada temperature 80°C dan kembali menurun pada temperature 90°C. Hal ini dikarenakan semakin tinggi temperatur yang digunakan, maka kecepatan reaksi delignifikasi pada proses *bleaching* juga meningkat, sehingga lignin yang terkandung dalam kertas bekas juga berkurang. Waktu pemanasan yang digunakan juga mempengaruhi kandungan lignin pada kertas bekas. Dapat

dilihat pada lama pemanasan 90 menit, kandungan lignin dalam kertas bekas paling sedikit dibandingkan dengan lama pemanasan 30 menit dan 60 menit. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu pemanasan maka reaksi delignifikasi hidrogen peroksida terhadap lignin akan menjadi lebih reaktif, sehingga lignin yang terkandung dalam produk semakin berkurang.

Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Jayanudin (2010) yang mengatakan temperatur dan waktu pemanasan mempengaruhi proses *bleaching* dimana semakin tinggi temperatur dan lamanya waktu pemanasan maka kandungan lignin pada produk akan semakin sedikit.

Perbedaan antara gambar 4 dan 5 terletak pada konsentrasi bahan kimia pemutih yang digunakan, yaitu hidrogen peroksida. Pada gambar 4 hidrogen peroksida yang digunakan sebanyak 5% sedangkan pada gambar 5 hidrogen peroksida yang digunakan sebanyak 10%. Dapat dilihat proses *bleaching* dengan hidrogen peroksida 10% mampu mengurangi lignin lebih banyak dibandingkan dengan yang memiliki konsentrasi 5%.

Reaksi dapat ditingkatkan dengan memperbesar konsentrasi bahan pemutih. Konsentrasi hidrogen peroksida yang dipakai untuk proses pemutihan antara 1% hingga 10% (Wildan, A 2010). Pada proses pemutihan H₂O₂ mengoksidasi lignin sisa yang terdapat dalam kertas sehingga didapat produk yang memiliki derajat putih yang tinggi. Hidrogen peroksida dapat memutus ikatan C -C molekul lignin dan mampu membuka cincin lignin dan reaksi lain. Hidrogen peroksida mengkatalis suatu oksidasi senyawa aromatik non fenolik lignin membentuk radikal kation aril. Hidrogen mengkatalis oksidasi senyawa lignin non fenolik dengan perubahan *veratryl alcohol* menjadi *veratryl aldehyde*.

4. KESIMPULAN

Semakin tinggi temperatur proses *bleaching* maka kandungan lignin dalam produk yang dihasilkan semakin sedikit. Semakin lama waktu pemanasan maka kandungan lignin dalam produk yang dihasilkan semakin sedikit. Semakin besar konsentrasi hidrogen peroksida yang digunakan maka kandungan lignin dalam produk yang dihasilkan semakin sedikit. Kadar lignin paling sedikit yaitu, 0.094% didapatkan pada kondisi temperatur proses *bleaching* 90°C, selama 90 menit, dengan konsentrasi hidrogen peroksida 10%.

DAFTAR PUSTAKA

- Batubara, R. (2006). *Teknologi Bleaching Ramah Lingkungan*. Universitas Sumatra Utara : Medan.
- Fuadi, A. (2008). *Pemutihan Pulp Dengan Hidrogen Peroksida*. Jurusan Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah: Surakarta.
- Harmsen et al.2010. *Literature Review of Physical and Chemical Treatment Processes for Lignocellulosic Biomass*. Energy Research Centre of Netherlands: Netherland.
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Lignin>.Diakses pada tanggal 21 September 2015.
- Jayanudin. (2010) . *Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Pemutihan Serat Daun Nanas menggunakan Hidrogen Peroksida*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa: Cilegon.
- Muladi, S. (2013). *Diktat Kuliah Teknologi Kimia Kayu Lanjutan*. Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman: Samarinda.
- Novia, Lubis, A.M. dan Jufianto, F. (2014). *Pengaruh Konsentrasi Dan Waktu Perendaman Ammonia Terhadap Konversi Bioetanol Dari Jerami Dengan Metode Soaking In Aqueous Ammonia (SAA)*. Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya: Inderalaya.
- Prasetyowati, Riama, G dan Veranika, A. (2012). *Pengaruh H₂O₂, Konsentrasi NaOH Dan Waktu Terhadap Derajat Putih Pulp Dari Mahkota Nanas*. Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya: Inderalaya.
- Wildan, A. (2010). *Studi Proses Pemutihan Serat Kelapa Sebagai Reinforced Fiber*. Tesis. Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro :Semarang.