

Pemisahan Lignin Dari Kapuk (*Ceiba Pentandra*) Untuk Memperoleh Selulosa Kadar Tinggi

Harita N Chamidy

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung
E-mail: harita@polban.ac.id

ABSTRAK

Kapuk randu atau kapuk (*Ceiba pentandra*) merupakan pohon yang masuk dalam ordo *Malvales* dan famili *Malvaceae*. Kandungan selulosa dalam kapuk sekitar 65-67%. Kandungan selulosa ini dapat ditingkatkan dengan memisahkan selulosa dari pengotornya, yaitu lignin. Pada penelitian ini proses Soda Dingin dilakukan untuk menghilangkan lignin dengan mencampurkan serat kapuk dengan NaOH 17,5% pada suhu 20 °C. Variasi diberikan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kadar selulosa yang diperoleh. Perbandingan komposisi campuran antara larutan alkali dan kapuk divariasikan menjadi 20 : 1, 30 : 1, dan 50 : 1. Sedangkan untuk waktu proses pemisahan lignin divariasikan menjadi 30, 60, dan 120 menit. Variasi yang dilakukan dapat memberikan pengaruh yang cukup signifikan bagi larutan NaOH untuk mendorong lignin keluar dari serat kapuk, sehingga kandungan serat kapuk sebagian besar adalah selulosa- α . Perbandingan komposisi alkali dan serat kapuk optimum untuk mendapatkan rendemen selulosa tertinggi dalam waktu tercepat ditentukan. Komposisi alkali dan serat kapuk yang paling baik untuk mendapatkan persen rendemen kandungan selulosa terbanyak sebesar 97,8% adalah pada 20:1 dengan waktu kontak selama 60 menit. Proses penghilangan pengotor terutama lignin dalam serat kapuk diperoleh kondisi optimumnya pada perbandingan komposisi larutan alkali dan serat kapuk sebesar 20:1 dengan waktu kontak selama 30 menit yang menghasilkan kadar selulosa- α sebesar 82,8%.

Kata Kunci

Lignin, selulosa, soda dingin

1. PENDAHULUAN

Salah satu pohon yang banyak tumbuh di Indonesia adalah pohon kapuk. Kapuk randu atau kapuk (*Ceiba pentandra*) adalah pohon tropis yang tergolong ordo *Malvales* dan famili *Malvaceae* (sebelumnya dikelompokkan ke dalam famili terpisah *Bombacaceae*). Pohon ini berasal dari bagian utara dari Amerika Selatan, Amerika Tengah dan Karibia, dan (untuk varitas *C. pentandra* var. *guineensis*) berasal dari sebelah barat Afrika. Pohon ini dapat tumbuh hingga setinggi 60-70 m dan dapat memiliki batang pohon yang cukup besar hingga mencapai diameter 3 m.

Jumlah produk dari pohon kapuk yang melimpah di Indonesia hanya sering dimanfaatkan atau digunakan secara langsung tanpa pengolahan. Sehingga penggunaannya dapat dikatakan masih jauh dari nilai ekonomis. Pada kapuk, khususnya pada daging buahnya terdapat serat kapuk yang memiliki kandungan selulosa sekitar 65-67 % dari total dagingnya [6], serta lignin yang mencapai 14-58% [2].

Lignin merupakan salah satu komponen penting dalam penyusun tanaman. Pada batang tanaman, lignin berfungsi sebagai bahan pengikat komponen penyusun lainnya, sehingga suatu pohon dapat berdiri tegak. Berbeda dengan selulosa yang terbentuk dari gugus karbohidrat, lignin terbentuk dari gugus aromatik yang saling dihubungkan dengan rantai alifatik, yang terdiri dari 2-3 karbon [17].

Melihat pemanfaatan kapuk yang masih sedikit, maka perlu dilakukan penelitian untuk

mengembangkan potensi kapuk. Salah satu penelitian itu berkaitan dengan peningkatan kadar selulosa dalam serat kapuk. Selulosa dalam kapuk dapat ditingkatkan kandungannya dengan cara memisahkan selulosa dari pengotornya seperti lignin.

Penelitian ini bertujuan untuk memisahkan lignin dari kapuk dan menentukan kondisi optimum proses terhadap waktu dan komposisi campuran.

2. KAJIAN LITERATUR DAN PEGEMBANGAN HIPOTESIS

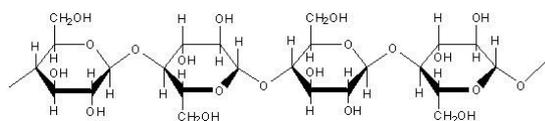
2.1 Selulosa

Selulosa merupakan komponen struktural utama dinding sel dari tanaman berwarna hijau, kebanyakan berbentuk ganggang dan *Oomycetes*. Beberapa spesies bakteri mengeluarkan selulosa untuk membentuk biofilm. Selulosa adalah senyawa organik yang paling umum di Bumi. Sekitar 33% dari semua materi tanaman adalah selulosa (kandungan selulosa dalam kapas adalah 90% dan dalam kayu adalah 40-50%). Tidak seperti hewan, selulosa tidak dapat dicerna oleh manusia, karena hewan memiliki enzim selulase. Selulosa merupakan biomassa yang paling banyak dalam tumbuhan. Pada dasarnya selulosa terdapat pada setiap tanaman, termasuk tanaman semusim, tanaman perdu, tanaman rambat, bahkan tanaman sederhana sekalipun seperti jamur, ganggang, dan lumut [5].

Terdapat tiga jenis selulosa berdasarkan derajat polimerisasi dan kelarutannya dalam senyawa natrium hidroksida (NaOH) 17,5 % dan suhu 20 °C [15].

1. Selulosa- α (*Alpha Cellulose*) merupakan selulosa berantai panjang yang tidak larut dalam NaOH 17,5 % ataupun larutan basa kuat yang memiliki DP (Derajat Polimerisasi) 600–1500 dan pada suhu 20 °C. Selulosa- α digunakan sebagai penduga atau penentu tingkat kemurnian selulosa, karena selulosa- α merupakan selulosa yang paling stabil terhadap larutan basa.
2. Selulosa- β (*Betha Cellulose*) merupakan selulosa berantai pendek yang dapat larut dalam NaOH yang memiliki DP 15 – 90. Selulosa- β dapat mengendap bila dinetralkan.
3. Selulosa- γ (*Gamma Cellulose*) sama dengan selulosa β , tetapi memiliki DP 15.

Kandungan selulosa yang terdapat didalam kapuk tidak sebanyak didalam kapas.



Gambar 1. Struktur Selulosa [3]

2.2 Kapuk

Kapuk pertama kali ditemukan pada abad ke 15 saat benua Amerika ditemukan. Kapuk merupakan tumbuhan liar di Amerika yang beriklim tropis. Kapuk randu atau kapuk (*Ceiba pentandra*) adalah pohon tropis yang tergolong ordo *Malvales* dan famili *Malvaceae* (sebelumnya dikelompokkan ke dalam famili terpisah *Bombacaceae*), berasal dari bagian utara dari Amerika Selatan, Amerika Tengah dan Karibia, dan untuk varitas *C. pentandra* var. *guineensis* berasal dari sebelah barat Afrika [Error! Reference source not found.3][Error! Reference source not found.8].



Gambar 2 Pohon Kapuk [16]

Produksi kapuk dunia sebelum perang dunia II lebih dari 36.000 ton. Pada tahun 1940 ditaksir produksi kapuk dunia sebanyak 30.000 ton, dan 85 – 90% nya

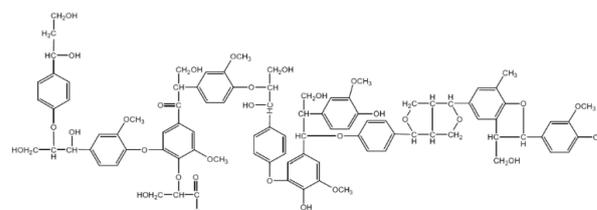
merupakan kapuk Jawa (*C. Pentandra*). Amerika merupakan konsumen terbesar yang mengimpor hampir setengah produksi kapuk Indonesia, bahkan mencapai 80.000 ton pada tahun 1990. Saat ini terjadi penyusutan produksi karena kerusakan pohon kapuk yang terjadi selama perang dan berkurangnya permintaan dengan munculnya kasur busa, kasur karet, dan lain – lain. Pada tahun 2003 ekspor serat kapuk menurun menjadi 1.496 ton serat [16][19].

2.3 Lignin

Lignin (terkadang disebut juga “*lignen*”) adalah senyawa kimia kompleks yang banyak didapatkan pada kayu dan bagian pelengkap dari dinding sel dalam tanaman. Lignin merupakan polimer organik yang melimpah di bumi setelah selulosa. Lignin adalah senyawa yang sangat stabil, sulit dipisahkan dan mempunyai bentuk bermacam–macam sehingga struktur lignin dalam kayu bermacam–macam. Dalam pembuatan kertas, keberadaan lignin tidak diinginkan. Hal ini dikarenakan lignin dapat memperlambat poses penggilingan, menghasilkan ikatan yang rendah, kerapatan dan kekuatan kertas rendah, serta menyebabkan pulp menjadi gelap. Lignin menempati ruangan dalam dinding sel diantara selulosa, hemiselulosa, dan komponen *pectin*, terutama *trakeid*, *sklereid*, dan *xylem* [20].

Lignin membuat tanaman kokoh dan memberikan serat dalam makanan. Lignin berfungsi pula untuk mengatur transportasi cairan pada tanaman hidup (sebagian untuk memperkuat dinding sel dan menjaganya dari kerobohan, sebagian lagi untuk mengatur laju dari cairan), dan memungkinkan pohon untuk tumbuh lebih tinggi dan berkontak langsung dengan cahaya matahari [3].

Kayu dengan kandungan lignin yang tinggi dapat bertahan lama dan merupakan bahan baku yang baik untuk berbagai kegunaan. Lignin juga merupakan bahan bakar yang unggul. Lignin menghasilkan lebih banyak energi saat terbakar dibandingkan dengan selulosa. Lignin harus dipisahkan dari *pulp* sebelum dilakukan pengolahan untuk membuat kertas berkualitas tinggi.



Gambar 3. Struktur Lignin [3]

2.4 Struktur dan Berat Molekul Lignin

Lignin merupakan komponen kimia kayu yang selalu bergabung dengan selulosa dan bukan merupakan karbohidrat, melainkan didominasi oleh gugus aromatis berupa fenilpropan. Di dalam kayu, lignin terutama terdapat dalam lamela tengah dan dinding sel primer

(Kollmann and Côté, 1984; Higuchi, 1985; Tsoumis, 1991; Fengel dan Wegener, 1995; Sjöstrom, 1998). Menurut TAPPI (1999), salah satu cara untuk mengisolasi lignin adalah dengan pemberian asam sulfat 72% (metoda Klason) dan terutama pada kayu yang berwarna hitam.

Struktur bangun lignin tersusun oleh ikatan karbon-karbon dan eter, unit-unit trifungsional saling berhubungan dengan unit-unit terdekat menghasilkan cabang yang memberikan peningkatan karakteristik struktur jaringan lignin. Sifat fisik dan kimia lignin sangat dipengaruhi oleh gugus hidroksil fenolik. Gugus ini mempercepat sambungan eter dan degradasi oksidatif. Hal ini memperjelas kemampuannya dalam kereaktifan polimer lignin dalam berbagai variasi reaksi.

Karena tidak memungkinkan mengisolasi lignin dari kayu tanpa degradasi, maka sangat sulit untuk menentukan berat molekul lignin. Metode yang berbeda untuk menghitung berat molekul lignin terisolasi memberikan hasil yang berbeda-beda dan agregasi molekul lignin dapat menghalangi determinasi berat molekul lignin sebenarnya.

2.4 Metode Pemisahan Lignin

Lignin dapat larut dalam larutan NaOH. Lignin dapat dipisahkan dari sumbernya dengan beberapa metode diantaranya metode Kraft, proses Polysulfite, dan proses Soda Dingin [4][7][8].

Metode Kraft. *Kraft Process* (dikenal juga dengan *Kraft pulping* atau Proses Sulfat) menggambarkan teknologi untuk mengonversi kayu menjadi *pulp* kayu yang terdiri atas serat selulosa yang hampir murni. Proses Kraft dikembangkan oleh Carl Dahl pada tahun 1879. Proses ini mencampurkan antara sumber selulosa dengan campuran antara sodium hydroxide dan sodium sulfide yang mampu memecah ikatan yang menghubungkan lignin dan selulosa.

Proses Polysulfida. *Polysulfite process* merupakan modifikasi dari metode kraft. Polysulfite process ini merupakan salah satu metode untuk mendapatkan pulp dengan kadar yang tinggi.

Proses Soda Dingin. Proses ini mencampurkan antara sumber selulosa dengan larutan NaOH dingin, yaitu pada suhu 20 °C, dimana pada suhu ini hanya selulosa- α yang tidak larut dalam larutan NaOH 17,5%. Proses ini biasa digunakan untuk bahan baku non wood.

2.5 Proses Delignifikasi dengan Metode Soda Dingin

Proses Soda Dingin merupakan proses pemisahan antara lignin dan selulosa yang terdapat di alam, salah satunya yaitu kapuk. Soda yang digunakan adalah sodium hidroksida (NaOH) bersuhu 20 °C yang mampu memecah ikatan yang menghubungkan lignin dan selulosa.

Terdapat beberapa variabel yang mempengaruhi dalam proses pemisahan lignin dari kapuk dengan metode kraft [9][10].

1. Suhu

Suhu operasi mempengaruhi laju delignifikasi. Larutan alkali dengan suhu 20 °C mampu melarutkan komponen-komponen lain seperti selulosa- β , selulosa- γ , dan lignin. Keberadaan alkali pada suhu 20 °C diharapkan tidak melarutkan selulosa- α .

2. Perbandingan Komposisi

Perbandingan komposisi mempengaruhi besar kecilnya laju dorong alkali terhadap lignin.

3. Waktu operasi

Lamanya waktu kontak antara larutan alkali dan kapuk mempengaruhi banyaknya lignin yang keluar dari serat.

3. METODE PENELITIAN

Kapuk yang digunakan pada penelitian ini berasal dari tanaman lokal yang banyak tumbuh. NaOH teknis dan bahan kimia lain diperoleh dari toko lokal. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen dengan tahapan: analisis bahan baku, pengecilan ukuran serat kapuk, pembuatan larutan, pemisahan lignin dari kapuk, pengeringan produk dan analisis produk. Analisis selulosa ini dilakukan berdasarkan SNI no 14-0444-1989. Pemisahan lignin dilakukan dengan mencampurkan larutan NaOH teknis 17,5% dalam reaktor berupa beaker glass 500 mL. Kemudian dilakukan maserasi terhadap kapuk. Proses ini dikondisikan pada suhu 20 °C, dengan waktu reaksi 30 menit, 60 menit, dan 120 menit. Dan variasi perbandingan komposisi antara 20:1; 30:1; dan 50:1. Pemisahan antara kapuk dan larutan alkali yang telah bercampur dengan lignin dilakukan dengan menggunakan corong buchner. Kemudian kapuk dibilas menggunakan air untuk membersihkan lignin dan larutan alkali yang masih menempel pada kapuk. Alkali dan lignin akan ikut terbuang bersama dengan air bilasan. Produk yang berupa kapuk basah dikeringkan dalam oven dengan suhu 60-80 °C sampai berat konstan, lalu didinginkan dalam desikator.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

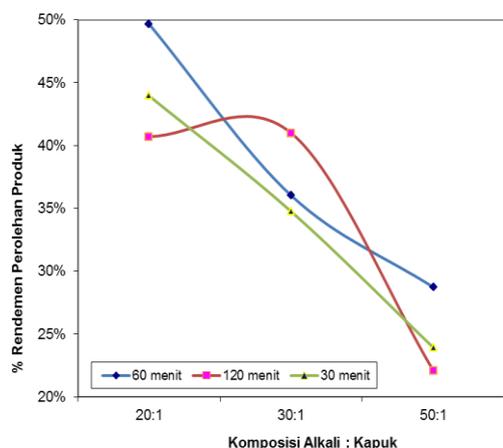
4.1 Analisis Bahan Baku

Bahan baku kapuk yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kandungan selulosa sebesar 40,73% dan lignin sebesar 13,84%. Hasil ini sedikit lebih rendah bila dibandingkan dengan literatur yang mengatakan bahwa kandungan selulosa di dalam serat kapuk sekitar 65-67 % dan kandungan lignin sebesar 14-15%. Perbedaan kandungan tersebut disebabkan karena jenis dan kondisi kapuk yang digunakan berbeda.

4.2 Pengaruh Persen Rendemen Selulosa Terhadap Perbandingan Komposisi Antara Alkali dengan Kapuk

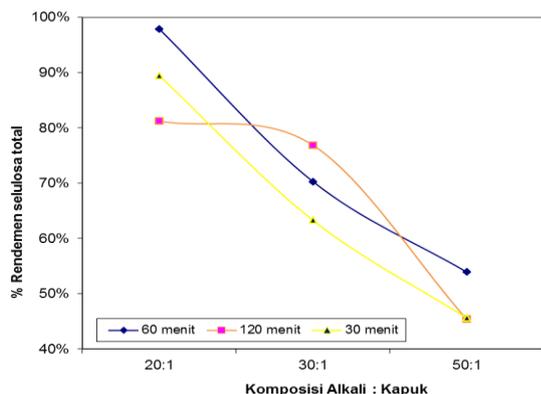
Dilakukan tiga variasi perbandingan komposisi antara larutan alkali dan kapuk dalam penelitian ini, yaitu 20:1; 30:1; dan 50:1 (b/b). Jumlah larutan NaOH yang digunakan untuk setiap percobaan adalah sebanyak 250 mL dengan densitas 1,1916 pada 20 °C. Pada perbandingan komposisi 20:1, kapuk yang digunakan sebanyak 14,89 g. Pada perbandingan komposisi 30:1, kapuk yang digunakan sebanyak 9,93 g. Dan pada perbandingan 50:1, kapuk yang digunakan sebanyak 5,96 g.

Dengan semakin besarnya perbandingan komposisi antara larutan alkali dan serat kapuk yang digunakan diharapkan dapat mengeluarkan pengotor semakin banyak dari dalam kapuk. Pengotor yang dimaksud meliputi lignin, selulosa- β , dan selulosa- γ . Dengan banyaknya pengotor yang keluar, berarti kandungan selulosa di dalam produk kapuk yang dihasilkan adalah semakin tinggi.



Gambar 4. Pengaruh persen rendemen perolehan produk terhadap komposisi alkali:kapuk.

Dalam penelitian ini teramati bahwa semakin besar perbandingan komposisi antara larutan alkali dan serat kapuk membuat perolehan produk serat kapuk hasil perendaman menjadi semakin sedikit. Produk serat kapuk ini kemudian di analisa kadar selulosa yang terkandung didalamnya.



Gambar 5. Pengaruh persen rendemen selulosa terhadap komposisi alkali:kapuk.

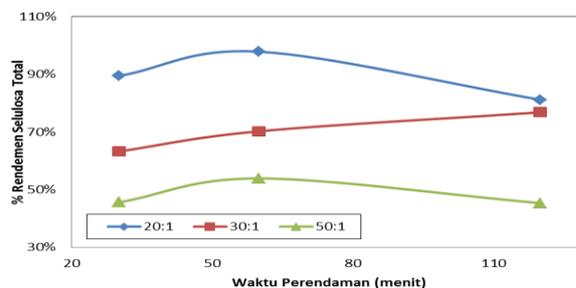
Persen rendemen serat kapuk pada selang waktu proses perendaman selama 30 menit dan 60 menit menghasilkan pola yang identik. Sedangkan perendaman selama 120 menit, hasilnya berbeda yang cenderung lebih rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa pengaruh komposisi dari 20:1 ke 30:1 tidak begitu signifikan terhadap pelarutan pengotor dalam serat kapuk.

Semakin besar perbandingan komposisi antara larutan alkali dan serat kapuk ternyata menghasilkan persen rendemen selulosa- α yang semakin kecil. Hal ini dimungkinkan terjadi kerusakan pada selulosa yang ada didalam serat kapuk akibat perendaman.

Persen rendemen selulosa total terbanyak sebesar 97,8% diperoleh pada perbandingan komposisi larutan alkali dan serat kapuk sebesar 20:1 dengan waktu kontak sedikit agak lama yaitu selama 60 menit.

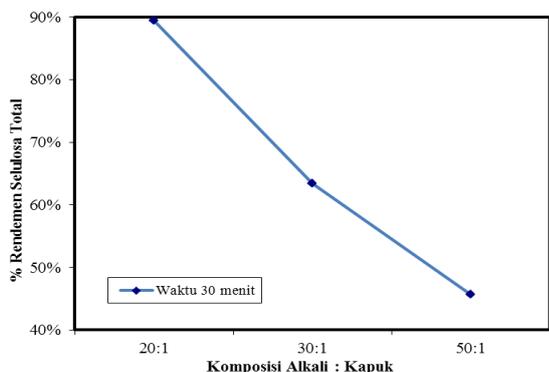
4.3 Pengaruh Waktu Perendaman

Waktu perendaman merupakan salah satu proses penting dalam proses pelepasan pengotor. Semakin cepat waktu kontak atau perendaman antara kapuk dan alkali, diharapkan lignin dan pengotor lain yang keluar dari serat kapuk lebih banyak, sehingga yang tersisa sebagian besar adalah selulosa.



Gambar 6. Pengaruh persen rendemen Perolehan Produk terhadap waktu perendaman.

Perbandingan komposisi antara larutan alkali dan serat kapuk sebesar 20:1 diperoleh persen rendemen selulosa yang tinggi, dimana puncak grafik tertingginya pada waktu perendaman selama 60 menit. Hal ini menandakan bahwa jumlah pengotor yang keluar dari serat kapuk adalah maksimal. Produk serat kapuk hasil perendaman sebagian besar adalah selulosa. Sehingga didapatkan produk dengan rendemen perolehan selulosa yang tinggi. Kemudian pada waktu 120 menit, persen rendemen selulosanya menurun menjadi sebesar 81,2%. Ini bisa disebabkan karena semakin lamanya waktu rendaman kapuk di dalam larutan alkali, mengakibatkan adanya selulosa yang terdegradasi oleh alkali. Sehingga jumlah selulosa yang diperoleh pada produk sedikit. Penelitian ini menunjukkan bahwa persen rendemen selulosa tertinggi diperoleh pada waktu kontak selama 60 menit.

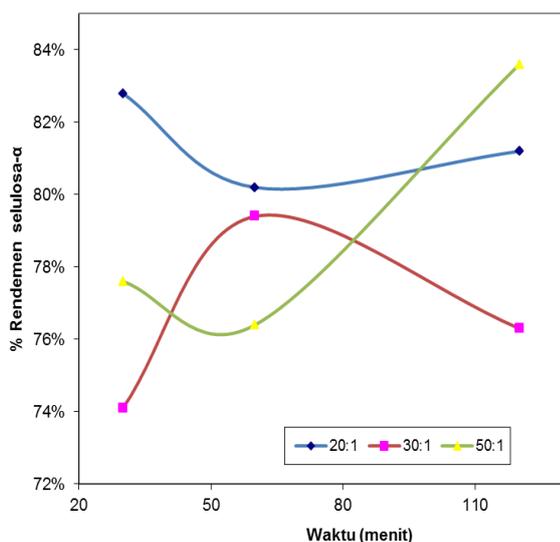


Gambar 7. Pengaruh persen rendemen selulosa terhadap komposisi alkali:kapuk pada 30 menit perendaman.

Waktu proses perendaman tercepat dengan menghasilkan kadar selulosa terbanyak yaitu sebesar 89,4% terjadi pada waktu 30 menit dengan perbandingan komposisi 20:1. Hal ini dikarenakan banyaknya jumlah pengotor yang keluar dari serat kapuk dan sedikit selulosa yang rusak dalam waktu yang singkat.

Pada perbandingan komposisi 30:1 dengan waktu perendaman yang sama, jumlah selulosa tertinggal dalam produk menjadi menurun, yaitu sebesar 63,4% dari selulosa awal. Hal ini dikarenakan pada saat perbandingan komposisi dinaikkan menjadi 30:1, selulosa terdegradasi oleh larutan alkali. Terlebih lagi pada perbandingan 50:1, dimana persen rendemen total selulosa yang diperoleh menurun menjadi 45,7%. Rendahnya nilai rendemen selulosa ini dapat disebabkan karena penggunaan larutan alkali yang berlebih, sehingga menyebabkan selulosa dalam kapuk ikut terdegradasi.

Ini menunjukkan bahwa persen rendemen selulosa (perolehan selulosa) semakin berkurang dengan semakin besarnya perbandingan antara larutan alkali dan kapuk.



Gambar 8. Pengaruh persen rendemen selulosa- α terhadap waktu perendaman

Selanjutnya, untuk mengetahui pengaruh variasi waktu terhadap perolehan kandungan selulosa- α pada produk dapat dilihat pada gambar. Dengan mengacu pada gambar bahwa perbandingan komposisi optimum untuk memperoleh kadar selulosa optimum terdapat pada perbandingan komposisi 20:1.

Hasil analisa kandungan selulosa- α sesuai prosedur SNI-14-0444-1989 mengindikasikan bahwa semakin lama waktu perendaman dihasilkan kadar selulosa- α semakin kecil. Kandungan selulosa- α tertinggi dengan waktu tercepat serta komposisi antara larutan alkali dan serat kapuk terkecil adalah pada 30 menit dan perbandingan 20:1 yaitu sebesar 82,8%.

5. KESIMPULAN

Persen rendemen selulosa total terbanyak sebesar 97,8% diperoleh pada perbandingan komposisi larutan alkali dan serat kapuk sebesar 20:1 dengan waktu kontak selama 60 menit. Proses penghilangan pengotor terutama lignin dalam serat kapuk diperoleh kondisi optimumnya pada perbandingan komposisi larutan alkali dan serat kapuk sebesar 20:1 dengan waktu kontak selama 30 menit yang menghasilkan kadar selulosa- α sebesar 82,8%. Dengan mengacu pada penggunaan selulosa berkadar 92% dalam industri - industri pulp dan kertas, maka proses pemisahan lignin yang telah dilakukan pada penelitian ini pada kondisi optimum sudah mendekati target, yaitu dengan perolehan rendemen selulosa total sebesar 89,4%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonymous, Tropical Plants Database, Ken Fern. tropical.theferns.info. 2021-03-27. <tropical.theferns.info/viewtropical.php?id=Ceiba+pentandra>
- [2] Dorée, Charles. 1947. The Methods of Cellulose Chemistry. New York : D. Van Nostrand Company, inc.
- [3] Heru Suryanto, Review Serat Alam : Komposisi, Struktur, Dan Sifat Mekanis, 2016, Researchgate
- [4] Jia Jun Poon, Mei Ching Tan And Peck Loo Kiew, Ultrasound-Assisted Extraction In Delignification Process To Obtain High Purity Cellulose, Cellulose Chem. Technol., 54 (7-8), 725-734(2020)
- [5] Kennedy, S.F. dkk.1993. Cellulosic : Pulp, Fibre, and Enviromental Aspects. Chicester : Ellis Horwood Limited.
- [6] Norman, A.G. 1937. The Biochemistry of Cellulose. Oxford : The Clarendon Press.
- [7] Olesya Fearon, Susanna Kuitunen, Detailed Modeling of Kraft Pulping Chemistry. Delignification, 2020, DOI: 10.1021/acs.iecr.0c02110
- [8] Luciasih Agustini, Lisna Efiyanti, Pengaruh Perlakuan Delignifikasi Terhadap Hidrolisis Selulosa Dan Produksi Etanol Dari Limbah Berlignoselulosa, 2015, Jurnal Penelitian Hasil Hutan, Vol 33, No 1

- [9] Rahmatullah, A. Muhammad Rainadi, A. Permatasari, M. Yori Pratama, Preparasi Selulosa Berbasis Serat Kapuk Sebagai Bahan Baku Pembuatan Selulosa Asetat, Course Hero, 2021
- [10] Sarifah Fauziah Syed Draman, Rusli Daik, Famiza Abdul Latif, and Said M. El-Sheikh, Characterization and Thermal Decomposition Kinetics of Kapok (Ceiba pentandra L.)-Based Cellulose, 2014, *BioResources* 9(1), 8-23
- [11] Sjostrom, Eero. 1995. *Kimia Kayu*. UGM Press.
- [12] Standar Nasional Indonesia (SNI) 14-0444-2009. Pulp-Cara uji kadar selulosa alfa, beta, dan gamma.
- [13] Textileblog, Kapok Fiber: Properties, Processing and Applications, 2020
- [14] Titi Susilowati, Srie Muljani. Synthesis Of Cellulose Aerogel From Kapok Fiber For Cleaning The Waste Of Lubricant Oil, *Jurnal Teknik Kimia - Program Studi Teknik Kimia - Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur*, 2020
- [15] <https://www.kajianpustaka.com/2018/10/struktur-jenis-sifat-dan-sumber-selulosa.html>, diakses: 23Mar21
- [16] <https://m.solopos.com/kisah-java-kapok-kapuk-jawa-yang-pernah-menguasai-dunia-1049375>, diakses: 23Mar21
- [17] <https://id.wikipedia.org/wiki/Selulosa>, diakses: 23Mar21
- [18] http://id.wikipedia.org/wiki/Kapok_randu, diakses: 23Mar21
- [19] <http://balittas.litbang.pertanian.go.id/index.php/id/p-enelitian/serat-buah/111-kapok>, diakses: 23Mar21
- [20] <https://en.wikipedia.org/wiki/Lignin>, diakses:23Mar21