

Pembuatan *Pulp and Paper* Berbahan Dasar Serat Kulit Pinang (*Areca Catechu L.*) dengan Penambahan Kitosan Sebagai Zat Aditif Antibakteri

Hasniar¹, Ida Hasmita², Eka Marya Mistar³, Nadia Putri Mauliza⁴, Kasturi⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh

*Koresponden email: idahasmita@serambimekkah.ac.id

Diterima: 6 Desember 2023

Disetujui: 13 Desember 2023

Abstract

The need for paper in Indonesia continues to increase along with population growth and progress in activities related to paper use. However, the supply of materials used to make wood pulp will also decrease over time. Continuous exploitation of forests will cause environmental problems. An alternative to reduce the impact on the environment is to replace the raw material for making non-wood paper which is rich in cellulose fiber. One non-wood raw material that is rich in fiber is areca nut shell. However, the current problem is that paper can be contaminated with microorganisms from free (dirty) air, dirty hands of people who handle it or from unsterile storage places. So, we need a new alternative to prevent this problem, namely by adding antibacterial additives to the paper. The method used is the process of delignification, filtration, drying, bleaching and adding chitosan additives. The conclusions obtained that the optimum concentration of the NaOH cooking solution was found at a NaOH concentration of 10%, the optimum time was obtained at a delignification time of 6 hours, and the best concentration of chitosan additive was 6% with an inhibition zone of 7.01 mm. The inhibition zone obtained is in the weak category.

Keywords: *pulp and paper, areca nut peel, delignification, chitosan*

Abstrak

Kebutuhan kertas di Indonesia terus mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan penduduk dan kemajuan aktivitas yang berhubungan dengan pemakaian kertas. Namun, persediaan bahan yang digunakan untuk pembuatan pulp kayu juga semakin lama akan semakin berkurang. Eksploitasi hutan secara terus menerus akan menyebabkan masalah lingkungan, seperti penggundulan hutan, menipisnya cadangan kayu, dan berkurangnya luas hutan di Indonesia. Alternatif untuk mengurangi dampak terhadap lingkungan tersebut ialah dengan menggantikan bahan baku pembuatan kertas non kayu yang kaya akan serat selulosa. Salah satu bahan baku non kayu yang kaya akan serat yaitu kulit pinang. Namun, yang menjadi permasalahan saat ini ialah kertas dapat terkontaminasi mikroorganisme dari udara bebas (kotor), tangan kotor manusia yang memegangnya atau dari tempat-tempat penyimpanan yang tidak steril. Sehingga membutuhkan alternatif baru untuk mencegah permasalahan tersebut yaitu dengan menambahkan zat aditif antibakteri pada kertas. Metode yang digunakan ialah proses delignifikasi, filtrasi, *drying*, *bleaching* dan penambahan zat aditif kitosan. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu konsentrasi larutan pemasak NaOH optimum didapatkan pada konsentrasi NaOH 10%, waktu optimum didapatkan pada waktu delignifikasi 6 jam, dan konsentrasi zat aditif kitosan terbaik yaitu 6% dengan zona hambat 7.01 mm. Zona hamnat yang didapatkan termasuk katagori lemah.

Kata kunci: *pulp and paper, kulit pinang, delignifikasi, kitosan*

1. Pendahuluan

Kertas ialah benda yang sering digunakan dalam menunjang pendidikan, perkantoran, dan pengemasan. Kebutuhan kertas di Indonesia terus meningkat karena pertambahan jumlah penduduk dan kegiatan terkait dengan penggunaan kertas juga meningkat. Oleh karena itu, dengan meningkatnya permintaan kertas, industri kertas Indonesia pun semakin berkembang. Namun, pasokan material untuk produksi *pulp* kayu semakin berkurang seiring berjalannya waktu. Eksploitasi hutan yang terus menerus di Indonesia menimbulkan permasalahan lingkungan seperti deforestasi, minimnya sumber daya kayu dan berkurangnya luas hutan. Dampak negatif dari penebangan hutan yang tidak terkontrol antara lain rusaknya habitat dan punahnya beberapa spesies tumbuhan dan hewan Indonesia yang langka dan khas. Selain itu, polutan dari industri kertas juga dapat mencemari air [1].

Alternatif untuk mengurangi dampak terhadap lingkungan adalah dengan mengganti bahan baku pembuatan kertas non kayu dengan kandungan serat selulosa yang tinggi, salah satunya yaitu kulit buah pinang. Pinang terkandung banyak serat dengan kandungan selulosa 53,20%. Tingginya kandungan

selulosa belum sepenuhnya dimanfaatkan, padahal tingginya kandungan serat dan selulosa dapat dimanfaatkan dengan bermacam cara, termasuk sebagai bahan baku produksi kertas [2].

Namun yang menjadi permasalahan saat ini adalah kertas dapat terinfeksi bakteri dari udara bebas (kotor), dari tangan kotor orang yang memegangnya, atau dari tempat pengarsipan yang kurang steril. Tangan manusia sangat mudah untuk menyebarkan berbagai penyakit. Berbagai mikroorganisme seperti virus, bakteri, dan jamur setiap hari menempel ke tangan karena tangan manusia sering terpapar lingkungan dan bersentuhan dengan area mata, hidung, dan mulut yang sangat sensitif terhadap infeksi bakteri. Maka dari itu, kemungkinan permukaan kertas terkandung banyak bakteri patogen yang dapat mengakibatkan penyakit [3]. Sehingga diperlukan cara baru untuk menghindari masalah tersebut yaitu dengan menambahkan bahan tambahan antibakteri pada kertas.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti tertarik untuk meneliti terkait Pembuatan *Pulp And Paper* Berbahan Dasar Serat Kulit Pinang (*Areca Catechu L.*) dengan Penambahan Kitosan Sebagai Zat Aditif Antibakteri. Berdasarkan latar belakang di atas maka hipotesis penelitian ini adalah kulit pinang dapat digunakan sebagai bahan baku non kayu dalam pembuatan kertas dan kitosan dapat digunakan sebagai bahan tambahan antibakteri pada kertas.

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan

Bahan yang digunakan adalah serat kulit pinang, NaOH, H₂O₂, aquades, tissue dan NaClO. Sedangkan Alat yang digunakan meliputi neraca analitik, labu leher 3, labu ukur, oven, blender, pisau, spatula, magnetic stirrer, hot plate, termometer, screen sablon, rakel, triplek dan statif.

2.2 Prosedur Penelitian

2.2.1 Preparasi Bahan Baku

Kulit pinang terlebih dahulu dikeringkan kemudian dipotong kecil-kecil lalu dihancurkan dengan menggunakan blender dan diayak dengan ayakan 40 mesh.

2.2.2 Proses Delignifikasi

Serbuk serat pinang ditimbang 20 gr yang akan dituangkan ke dalam labu leher tiga dengan 500 mL larutan NaOH 10%, 20%, dan 30%, kemudian dipasangkannya peralatan yang nantinya akan dipanaskan sampai mencapai 100 °C bersamaan dengan hidupkan stopwatch dan *magnetic stirrer* diputar dengan kecepatan pengadukan 250 rpm. Proses dilakukan juga dengan variasi waktu pemasakan 3, 6, dan 9 jam.

2.2.3 Filtrasi

Setelah selesai proses pemasakan, bubur *pulp* beserta cairan hitam dimasukkan ke dalam gelas beker 500 mL, kemudian disaring dengan menggunakan saringan kain, selanjutnya *pulp* yang telah disaring dicuci hingga pH netral.

2.2.4 Drying

Pengeringan Larutan pencuci dari *pulp* dibuang, selanjutnya *pulp* beserta kain saringnya diambil. Selanjutnya dikeringkan dengan suhu 105°C, *pulp* dari oven yang nantinya akan didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Perlakuan ini diulang hingga memperoleh hasil yang konstan.

2.2.5 Bleaching

Pulp diputihkan dengan larutan H₂O₂ dan NaClO. Pada proses ini dilakukan 2 tahap injeksi yaitu pada tahap pertama *pulp* kering terlebih dahulu direaksikan dengan menggunakan H₂O₂ dengan rasio 1:10. Campuran dipanaskan pada suhu 80°C selama 2 jam. Kemudian dicuci kembali lalu dilanjutkan ke tahap kedua dengan cara mereaksikan *pulp* dengan NaClO dengan rasio 1:10. Reaksi dilakukan pada suhu 80°C selama 2 jam. Selanjutnya disaring kembali. *Pulp* yang telah dilakukan proses *bleaching* kemudian dilakukan analisis yang meliputi kadar lignin dan selulosa.

2.2.6 Penambahan Zat Aditif Kitosan

Pulp yang dihasil dimasukkan ke dalam beaker glass, kemudian ditambahkan zat aditif kitosan dengan konsentrasi 2%, 4% dan 6% dan akuades sebanyak 250 ml diaduk dengan menggunakan magnetik stirrer selama 60 menit.

2.3 Analisa Parameter Uji

Karakteristik *pulp and paper* dari serat kulit pinang meliputi pengujian komponen kimia yaitu kadar air, kadar lignin, kadar α -selulosa, bilangan kappa dan rendemen *pulp*. Selanjutnya pengujian sifat fisik *paper* meliputi pengujian gramatur, pengujian ketahanan retak dan ketahanan sobek dan analisa terakhir yaitu analisa aktivitas bakteri.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian Komponen Kimia

3.1.1 Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air pada *paper* dilakukan dengan metode oven yang merujuk pada standar nasional Indonesia (SNI) No.14-0496-1989. Adapun hasil pengujiannya dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil pengujian kadar air pada *paper*

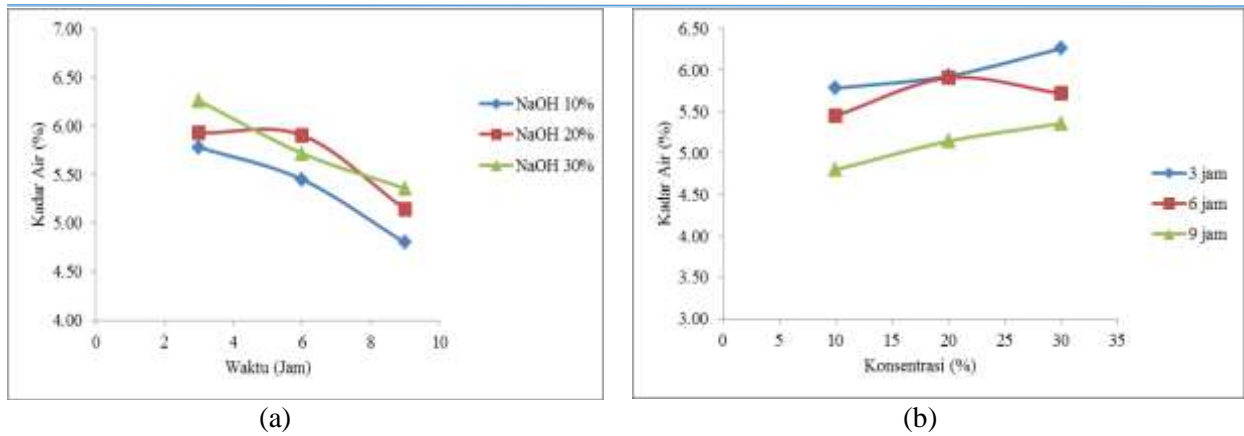
Sampel	Kadar Air (%)	
	Hasil Uji	SNI
P1	5.783	
P2	5.929	
P3	6.262	
P4	5.451	
P5	5.906	
P6	5.720	4.5-6.0
P7	4.799	
P8	5.143	
P9	5.357	
M1	5.237	
M2	5.451	
M3	5.274	

Keterangan:

- P1 : Proses delignifikasi 3 jam dengan NaOH 10%
- P2 : Proses delignifikasi 3 jam dengan NaOH 20%
- P3 : Proses delignifikasi 3 jam dengan NaOH 30%
- P4 : Proses delignifikasi 6 jam dengan NaOH 10%
- P5 : Proses delignifikasi 6 jam dengan NaOH 20%
- P6 : Proses delignifikasi 6 jam dengan NaOH 30%
- P7 : Proses delignifikasi 9 jam dengan NaOH 10%
- P8 : Proses delignifikasi 9 jam dengan NaOH 20%
- P9 : Proses delignifikasi 9 jam dengan NaOH 30%
- M1 : Proses delignifikasi Sampel M1 (Kitosan 2%) 6 jam dengan NaOH 10%
- M2 : Proses delignifikasi Sampel M2 (Kitosan 4%) 6 jam dengan NaOH 10%
- M3 : Proses delignifikasi Sampel M3 (Kitosan 6%) 6 jam dengan NaOH 10%

Tabel 1 menampilkan hasil pengujian kadar air pada *paper* dengan proses delignifikasi 3 jam, 6 jam, dan 12 jam. Kemudian konsentrasi larutan NaOH yang digunakan 10%, 20% dan 30%. Dari hasil pengujian terlihat semua sampel memenuhi standar nasional Indonesia (SNI) No. 7274:2008 yaitu 4.5- 6.0%. Hal ini menunjukkan waktu pengeringan 48 jam setelah proses pencetakan mampu menguapkan kandungan air pada *paper* sehingga mengakibatkan berkurangnya kadar air pada *paper*. Penurunan kadar air disebabkan terjadinya perpindahan laju pengeringan air pada sampel ketika mencapai kesetimbangan menyebabkan terjadinya perpindahan air dari sampel ke lingkungan [4].

Selain pengaruh faktor kesetimbangan, tidak menutup kemungkinan faktor lain seperti proses pengeringan, kelembaban ruang, pergerakan udara, tekanan udara, jumlah sampel, dan tebal sampel [5]. Selanjutnya dari hasil pengujian dapat dilihat pengaruh waktu proses delignifikasi dan konsentrasi NaOH terhadap kadar air kertas. Adapun pengaruhnya dapat dilihat **Gambar 1**.



Gambar 1. (a) Pengaruh variasi waktu proses delignifikasi terhadap kadar air; (b) Pengaruh variasi konsentrasi NaOH terhadap kadar air.

Gambar 1 (a) menunjukkan pengaruh variasi waktu pada delignifikasi terhadap kadar air pada kertas. Semakin lama waktu proses delignifikasi di setiap konsentrasi NaOH maka kadar air pada sampel semakin banyak teruapkan sehingga dapat menyebabkan menurunnya kadar air pada *paper*. Hal ini dapat dibuktikan dengan hasil pengujian pada proses delignifikasi 3 jam dengan menggunakan NaOH 10% didapatkan kadar air 5,783%, sedangkan pada proses delignifikasi 6 jam dan 9 jam terjadi penurunan kadar air yang signifikan yaitu 5,451% dan 4,799%. Begitu juga terhadap hasil pengujian pada proses delignifikasi menggunakan konsentrasi NaOH 20% dan 30%. [6] juga telah membuktikan bahwa dari hasil penelitiannya dengan memvariasikan waktu delignifikasi 60 menit didapatkan kadar air pada *paper* 13% sedangkan pada waktu 120 menit didapatkan kadar air 1.

Gambar 1 (b) menampilkan pengaruh konsentrasi larutan pemasak NaOH terhadap kadar air pada *paper*. Berdasarkan data yang dihasilkan terlihat semakin bertambah konsentrasi NaOH yang digunakan, maka semakin sering kontak yang terjadi antara larutan NaOH dengan *pulp*, sehingga kadar air dari *paper* yang dihasilkan juga semakin bertambah [5]. Terbukti dari data yang dihasilkan pada proses delignifikasi 3 jam dengan NaOH 10% 20% dan 30% didapatkan kadar airnya 5,783%, 5,929% dan 6,262%. Begitu juga terhadap hasil pengujian pada waktu proses delignifikasi 6 dan 9 jam.

3.1.2 Pengujian Rendemen Pulp

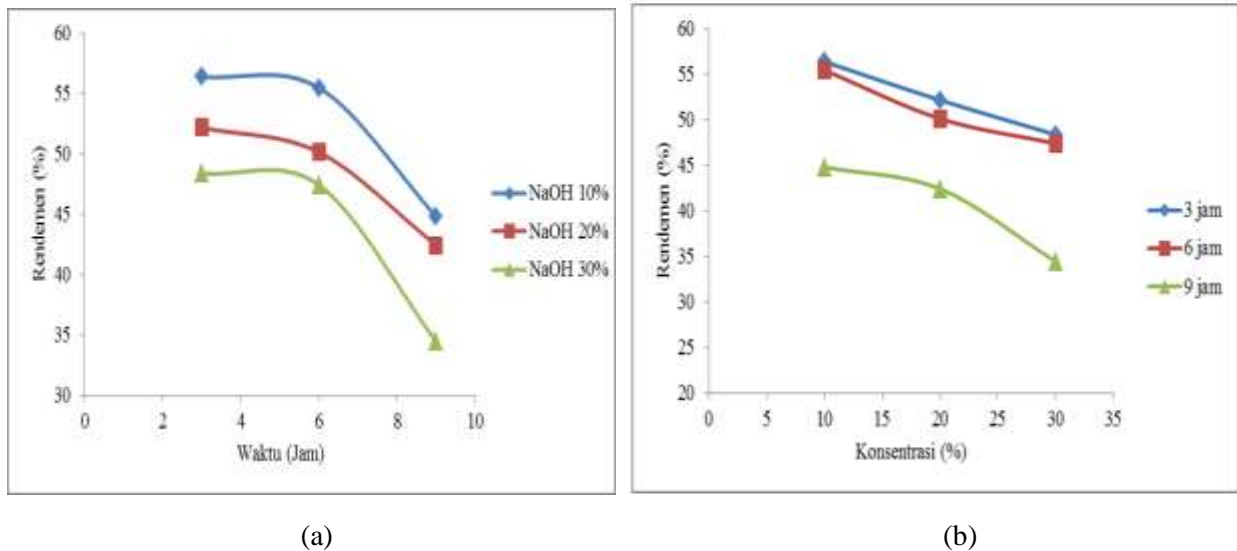
Rendemen *pulp* menunjukkan persentase antara berat murni *pulp* setelah dilakukan proses delignifikasi terhadap berat serat kulit pinang. Hasil pengujian rendemen *pulp* dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil pengujian rendemen *pulp*

Sampel	Rendemen (%)
P1	56.437
P2	52.214
P3	45.846
P4	53.800
P5	50.169
P6	47.446
P7	44.840
P8	42.449
P9	34.451
M1	56.454
M2	53.980
M3	56.537

Tabel 2 menampilkan hasil pengujian rendemen *pulp* dari serat kulit pinang, dari hasil pengujian terlihat rendemen yang dihasilkan rata-rata 45.55%. Persentase rendemen tertinggi didapatkan pada perlakuan proses delignifikasi 6 jam dengan menggunakan larutan pemasak NaOH 10% yaitu 53.800%, sedangkan persentase rendemen terendah didapatkan pada perlakuan proses delignifikasi 9 jam dengan menggunakan larutan pemasak NaOH 30% yaitu 34.451%. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan lignin

pada serat kulit pinang relatif tinggi sehingga hasil hidrolisis selulosa relatif rendah. Waktu pemasakan dan larutan NaOH yang digunakan pada proses delignifikasi merupakan salah satu faktor utama dalam meningkatkan rendemen. Adapun pengaruh waktu terhadap rendemen dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. (a) Pengaruh variasi waktu delignifikasi terhadap rendemen *pulp*; (b) Pengaruh variasi konsentrasi NaOH terhadap rendemen *pulp*

Gambar 2 (a) menampilkan pengaruh waktu delignifikasi terhadap rendemen *pulp*. Semakin lama waktu delignifikasi maka rendemen yang dihasilkan akan semakin menurun. Dari hasil pengujian terbukti pada waktu 3 jam dengan NaOH 10% dihasilkan rendemen *pulp* 56,437% sedangkan pada proses delignifikasi dengan waktu 6 jam dan 9 jam terjadi penurunan rendemen yang signifikan yaitu 53,8% dan 44,84%. Begitu juga terhadap hasil pengujian pada proses delignifikasi menggunakan konsentrasi NaOH 20% dan 30%. Penurunan rendemen diduga terjadinya degradasi serat selulosa sehingga terlarut dalam larutan pemasak. Hasil yang didapatkan sejalan dengan penelitian sebelumnya yang diteliti oleh [7] dimana hasil penelitiannya menunjukkan semakin lama waktu delignifikasi maka rendemen yang dihasilkan akan semakin menurun. Kemudian dipertegas oleh [8] bahwa semakin lama bahan bersentuhan dengan NaOH maka lignin akan semakin terdegradasi sehingga derajat penyisihan lignin semakin meningkat. Akibatnya semakin berkurang massa lignin maka massa selulosa akan semakin rendah, sehingga rendemen selulosa yang diperoleh pun rendah.

Gambar 2 (b) menampilkan pengaruh variasi konsentrasi larutan pemasak terhadap rendemen *pulp*. Berdasarkan hasil pengujian terlihat semakin tinggi konsentrasi maka rendemen yang dihasilkan akan semakin menurun. Berdasarkan data pengujian rendemen *pulp* terbukti pada proses delignifikasi 3 jam dengan menggunakan NaOH 10% didapatkan persentase rendemen sebesar 56,437% sedangkan dengan menggunakan larutan pemasak NaOH 20% dan 30% didapatkan persentase rendemennya yaitu 52,214% dan 45,846%. Begitu juga terhadap hasil pengujian pada waktu proses delignifikasi 6 dan 9 jam. Terjadinya penurunan rendemen *pulp* dikarenakan derajat delignifikasi yang tinggi dan terjadi degradasi polisakarida dari sebagian α -selulosa dan hemiselulosa. Jadi dengan meningkatnya derajat delignifikasi maka kandungan α -selulosa di dalam *pulp* juga akan meningkat [8].

3.1.3 Pengujian Kadar Selulosa

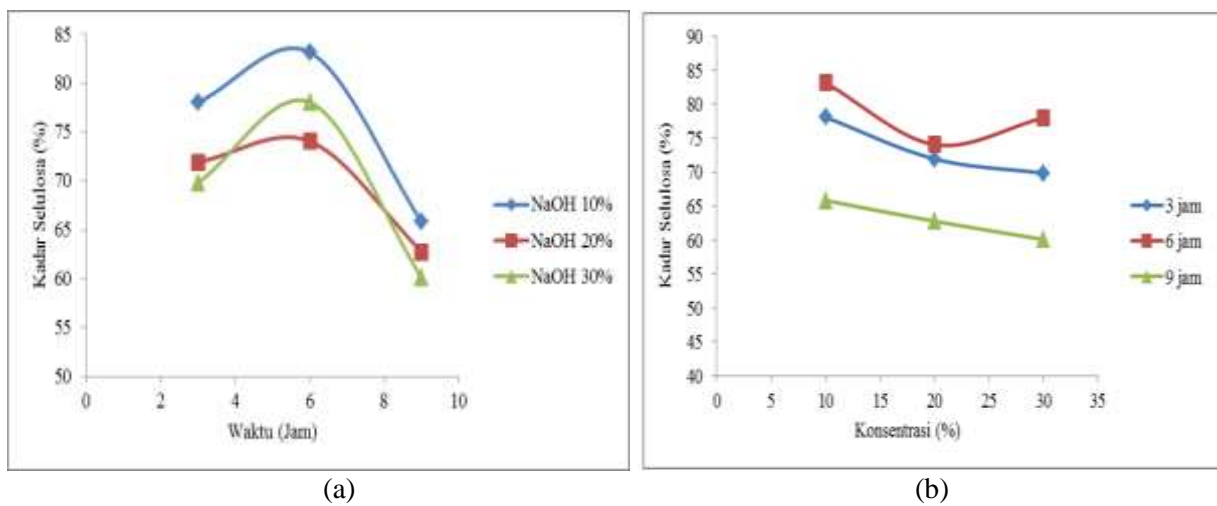
Pengujian kadar selulosa dilakukan pada *pulp* serat kulit pinang dengan proses delignifikasi 3 jam, 6 jam dan 9 jam dengan menggunakan larutan pemasak NaOH 10%, NaOH 20% dan NaOH 30%. Adapun hasil pengujian kadar selulosa dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil pengujian kadar selulosa pada *pulp*

Sampel	Kadar Selulosa (%)	
	Hasil Uji	SNI
P1	78.088	
P2	71.943	
P3	69.844	
P4	83.151	
P5	78.061	

Sampel	Kadar Selulosa (%)	
	Hasil Uji	SNI
P6	74.033	>40
P7	65.825	
P8	62.761	
P9	60.073	
M1	82.431	
M2	80.754	
M3	80.123	

Tabel 3 menampilkan hasil pengujian kadar selulosa pada *pulp* serat kulit pinang. Dari hasil pengujian terlihat semua perlakuan sampel memenuhi standar nasional Indonesia (SNI) No. 7274 yaitu >40%. Kadar selulosa tertinggi didapatkan pada proses delignifikasi 6 jam dengan konsentrasi larutan pemasak NaOH 10% yaitu 83,151%. Sedangkan kadar selulosa terendah didapatkan pada proses delignifikasi 9 jam dengan konsentrasi larutan pemasak NaOH 30% yaitu 60,073%. Kemudian pengaruh waktu delignifikasi dan konsentrasi larutan pemasak terhadap kadar selulosa dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. (a) Pengaruh variasi waktu delignifikasi terhadap kadar selulosa pada *pulp*; (b) Pengaruh variasi konsentrasi NaOH terhadap kadar selulosa.

Gambar 3 (a) menampilkan semakin lama waktu proses delignifikasi maka kadar selulosa pada *pulp* akan semakin meningkat. Namun, jika terlalu lama waktu delignifikasi akan memicu terjadinya penguraian selulosa yang terkandung pada *pulp* sehingga kandungan selulosa terdegradasi. Dari hasil pengujian terbukti pada waktu delignifikasi 3 jam dan 6 jam dengan NaOH 10% mengalami peningkatan kadar selulosa yaitu 78,088% dan 83,151% sedangkan pada waktu 9 jam terjadi penurunan kadar selulosa yang signifikan yaitu 65,825%. Begitu juga terhadap hasil pengujian pada proses delignifikasi menggunakan konsentrasi NaOH 20% dan 30%. Terjadinya penurunan kadar selulosa ketika ditingkatkan waktu proses delignifikasi disebabkan terjadi pemutusan rantai polimerisasi [9]. Kemudian dipertegas oleh [10] bahwa pemutusan rantai polimerisasi dapat menyebabkan terdegradasi polisakarida dari sebagian selulosa dan hemiselulosa, sehingga dapat menurunkan kadar selulosa pada *pulp*. Peningkatan ini disebabkan karena semakin lama waktu pemasakan maka lignin akan terlepas sebagai pengikat selulosa, sehingga kandungan selulosa meningkat, namun menurun ketika selulosa terurai dan menyebabkan kandungan selulosa pada *pulp* menurun [11].

Gambar 3 (b) menunjukkan semakin tinggi konsentrasi larutan pemasak maka semakin tinggi pula kadar selulosanya, namun apabila telah mencapai konsentrasi optimum maka kadar selulosa akan menurun kembali. Berdasarkan data pengujian kadar selulosa *pulp* terbukti pada proses delignifikasi 3 jam dengan menggunakan NaOH 10% dan NaOH 20% didapatkan persentase kadar selulosa sebesar 78,088% dan 71,943%, sedangkan dengan menggunakan larutan pemasak NaOH 30% didapatkan kadar selulosanya yaitu 69,844. Begitu juga terhadap hasil pengujian pada waktu proses delignifikasi 6 dan 9 jam. Hal ini dikarenakan penggunaan konsentrasi larutan pemasak terlalu tinggi dapat memicu terjadinya degradasi pada selulosa sehingga dapat memutuskan ikatan polimerisasinya. Degradasi selulosa terjadi akibat putusannya rantai polimerisasi, karena larutan NaOH yang semakin bertambah dapat merusak selulosa, dalam

hal ini selulosa juga ikut larut dalam larutan yang mendidih. Peningkatan tingkat titik didih larutan dapat menyebabkan nilai derajat polimerisasi selama proses hidrolisis lebih rendah dari kisaran derajat alfa polimerisasi selulosa, sehingga jika analisis dilakukan dengan larutan NaOH 17,5% akan menyebabkan selulosa menjadi larut. selulosa yang terdiri dari beta dan gamma [9].

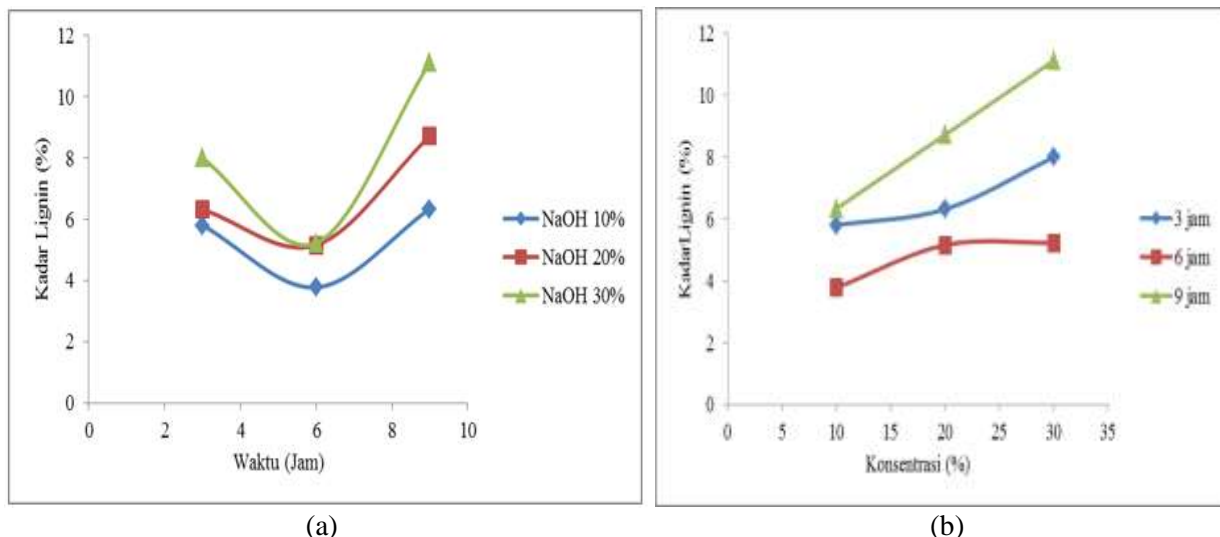
3.1.4 Pengujian Kadar Lignin

Kualitas *paper* sangat ditentukan dari kandungan ligninnya, semakin tinggi kandungan lignin maka kualitas kertas akan semakin menurun. Pengujian kadar lignin dilakukan dengan standar pengujian pada SNI No. 14-0492-1989. Adapun hasil pengujian dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil pengujian kadar lignin pada *pulp*

Sampel	Kadar lignin(%)	
	Hasil Uji	SNI
P1	5.806	
P2	6.321	
P3	8.002	
P4	3.779	
P5	5.161	<16
P6	5.235	
P7	6.343	
P8	8.728	
P9	11.127	
M3	3.726	

Tabel 4 menampilkan hasil pengujian kadar lignin pada *pulp* serat kulit pinang dengan perlakuan proses delignifikasi 3 jam, 6 jam dan 9 jam dan larutan pemasak yang digunakan NaOH 10%, NaOH 20% dan NaOH 30%. Dari hasil pengujian terlihat kadar lignin terendah didapatkan pada perlakuan 6 jam proses delignifikasi dengan menggunakan larutan pemasak NaOH 10% yaitu 3,779%. sedangkan kadar lignin tertinggi didapatkan pada perlakuan 9 jam proses delignifikasi dengan menggunakan larutan pemasak NaOH 30% yaitu 11,127%. Hasil pengujian semua sampel memenuhi standar nasional Indonesia (SNI) No.7274 yaitu <16%. Untuk melihat pengaruh variasi waktu terhadap kadar lignin dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4 (a) Pengaruh variasi waktu delignifikasi terhadap kadar lignin; (b) pengaruh variasi konsentrasi NaOH terhadap kadar lignin.

Gambar 4 (a) menampilkan pengaruh variasi waktu delignifikasi terhadap kadar lignin pada *pulp* serat kulit pinang. Dari hasil pengujian terlihat semakin lama waktu proses delignifikasi maka kadar lignin akan semakin menurun. Dari hasil pengujian terbukti pada waktu 3 jam dan 6 jam dengan NaOH 10% dihasilkan kadar lignin terjadi penurunan yaitu 5,806% dan 3,779%, sedangkan pada proses delignifikasi dengan waktu 9 jam terjadi peningkatan kadar lignin yang signifikan yaitu 6,343%. Begitu juga terhadap hasil pengujian pada proses delignifikasi menggunakan konsentrasi NaOH 20% dan 30%. Pada waktu

delignifikasi 3 jam dan 6 jam terjadi penurunan kadar lignin menunjukkan bahwa telah mencapai waktu optimumnya. Sehingga kadar lignin akan terdegradasi oleh larutan pemasak menjadi molekul yang lebih kecil yang dapat larut dalam lindi hitam. Semakin lama waktu delignifikasi maka akan terjadi perpindahan panas sehingga mengakibatkan suhu bahan meningkat sehingga reaksi hidrolisis lignin lebih cepat. Namun jika waktu delignifikasinya melebihi waktu optimum maka proses hidrolisis lignin pada *pulp* tidak maksimal. Hal ini dikarenakan larutan pemasak sudah jenuh sehingga tidak dapat bereaksi sempurna dengan bahan baku [12].

Gambar 4 (b) menampilkan pengaruh konsentrasi larutan NaOH terhadap kadar lignin. Semakin tinggi konsentrasi NaOH maka kadar lignin semakin rendah. Namun ketika mencapai konsentrasi optimum maka kadar lignin akan terjadi peningkatan dan kadar selulosa juga ikut terdegradasi. Hal ini dapat dibuktikan dengan hasil pengujian, pada waktu delignifikasi 3 jam dengan larutan NaOH 10% terjadi penurunan kadar lignin yaitu 5,806%, sedangkan pada waktu delignifikasi 6 jam dan 9 jam terjadi kenaikan kadar lignin yaitu 6,321% dan 8,002%. Begitu juga terhadap hasil pengujian pada waktu proses delignifikasi 6 dan 9 jam. Menurut [12] ketika ditambahkan larutan pemasak NaOH terjadi pemecah struktur lignoselulosa pada bahan baku *pulp*. Hal ini disebabkan adanya penetrasi partikel NaOH ke dalam material dan rusaknya struktur lignin. Namun ketika mencapai waktu optimum maka serat selulosa akan ikut terdegradasi sehingga menyebabkan kadar selulosa berkurang dan kadar lignin meningkat.

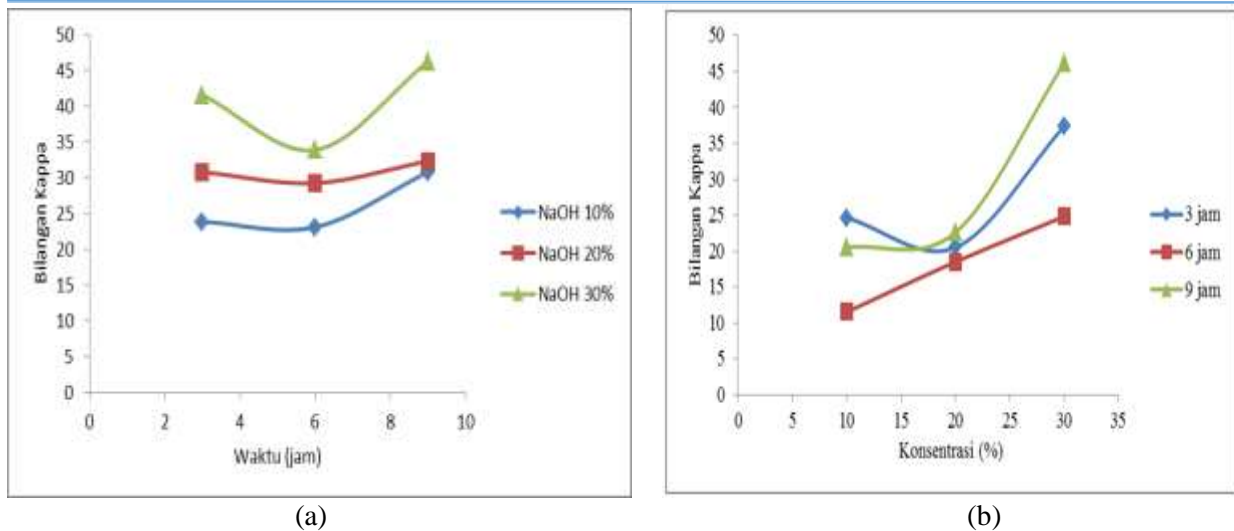
3.1.5 Pengujian Bilangan Kappa

Bilangan kappa ditentukan untuk mengetahui kandungan lignin yang terdapat di dalam *pulp*. Penghitungan bilangan kappa pada penelitian ini sesuai dengan SNI 0494:2008. Adapun hasil pengujian dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Hasil pengujian bilangan kappa pada *pulp* serat kulit pinang

Sampel	Bilangan Kappa
P1	24.641
P2	20.513
P3	37.385
P4	11.538
P5	18.513
P6	24.821
P7	20.513
P8	22.615
P9	46.154
M1	17.551
M2	15.705
M3	16.615

Tabel 5 menampilkan hasil pengujian bilangan kappa pada *pulp* serat kulit pinang. Bilangan kappa terendah didapatkan pada perlakuan proses delignifikasi 6 jam dengan konsentrasi larutan pemasak NaOH 10% yaitu 11,538%. Sedangkan bilangan kappa tertinggi didapatkan pada perlakuan proses delignifikasi 9 jam dengan konsentrasi larutan pemasak NaOH 30% yaitu 46.154%. Berdasarkan standar *Technical Association Pulp and Paper Industry* (TAPPI) bilangan kappa yang didapatkan dari hasil pengujian termasuk katagori baik dan cukup. Hal ini menunjukkan proses delignifikasi yang dilakukan telah mampu mereduksi kadar lignin yang maksimal sehingga bilangan kappa yang dihasilkan rendah. Selanjutnya pengaruh variasi waktu dan larutan pemasak NaOH dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5 (a) Pengaruh variasi waktu delignifikasi terhadap bilangan kappa pada *pulp*; (b) Pengaruh variasi konsentrasi NaOH terhadap bilangan kappa.

Gambar 5 (a) menampilkan pengaruh variasi waktu terhadap bilangan kappa pada *pulp* serat kulit pinang. Semakin lama waktu delignifikasi maka bilangan kappa semakin menurun. Namun ketika mencapai waktu optimum maka bilangan kappa kembali meningkat. Hal ini dapat dibuktikan dari hasil pengujian pada waktu 3 jam dan 6 jam dengan NaOH 10% dihasilkan bilangan kappa terjadi penurunan yaitu 24.641 dan 11.538, sedangkan pada proses delignifikasi dengan waktu 9 jam terjadi peningkatan bilangan kappa yang signifikan yaitu 20,513. Begitu juga terhadap hasil pengujian pada proses delignifikasi menggunakan konsentrasi NaOH 20% dan 30%. Hal ini terjadi dikarenakan semakin lama waktu pemasakan akan menyebabkan reaksi hidrolisis lignin makin sempurna. *Pulp* dengan derajat kematangan yang baik akan memberikan nilai bilangan kappa yang rendah dalam pengujiannya. Namun ketika waktu pemasakan pada proses delignifikasi melebihi waktu optimum maka dapat menyebabkan peningkatan bilangan kappa. Waktu pemasakan terlalu lama dapat memicu proses hidrolisis tidak berlangsung sempurna sehingga menyebabkan terjadinya pengendapan lignin [13].

Gambar 5 (b) menampilkan pengaruh variasi konsentrasi larutan pemasak NaOH terhadap bilangan kappa pada *pulp* serat kulit pinang. Semakin tinggi konsentrasi larutan pemasak NaOH maka bilangan kappa pada *pulp* serat kulit pinang semakin menurun. Namun, ketika mencapai konsentrasi optimum maka bilangan kappa meningkat kembali. Hal ini dapat dibuktikan dari hasil pengujian pada waktu delignifikasi 3 jam dengan larutan NaOH 10% terjadi penurunan bilangan kappa yaitu 24.641, sedangkan pada waktu delignifikasi 6 jam dan 9 jam terjadi kenaikan bilangan kappa yaitu 20.513 dan 37.385. Begitu juga terhadap hasil pengujian pada waktu delignifikasi 6 dan 9 jam. Menurut [14] penurunan bilangan kappa dipengaruhi oleh penggunaan konsentrasi NaOH yang lebih tinggi sehingga merusak struktur lignin pada bagian kristal dan amorf. Semakin tinggi angka kappa maka semakin tinggi pula kandungan lignin pada pulp. Oleh karena itu, semakin tinggi konsentrasi larutan pemasak maka kandungan lignin pada pulp semakin rendah dan sebaliknya. Kadar lignin menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi NaOH. Dengan kata lain, penambahan basa basa memudahkan pemutusan ikatan pada senyawa lignin. Partikel NaOH masuk ke dalam material dan memecah struktur lignin.

3.2 Analisa Komponen Fisik

Analisa sifat fisik meliputi analisa gramatur dan ketahanan tarik. Pengujian dilakukan hanya pada sampel dengan perlakuan terbaik yang ditinjau dari hasil pengujian sifat kimia. Adapun sampel terbaik didapatkan pada perlakuan proses delignifikasi 6 jam dengan menggunakan larutan pemasak NaOH 10% dan menggunakan zat aditif kitosan 6%.

3.2.1 Analisa Grematur

Analisa gramatur dilakukan untuk menentukan bobot kertas per satuan luas ($g\ m^{-2}$). Massa dasar kertas (*grematur*) adalah massa selembar kertas atau karton dalam gram dibagi luas satuan permukaannya dalam meter persegi yang diukur pada kondisi standar. Hasil analisis disajikan pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Hasil analisa gramatur pada *paper*

Sampel	Gramatur (g/m ²)
P4	58.7
M3	65.1

Tabel 6 menampilkan hasil analisa gramatur pada *paper* serat kulit pinang. Dari hasil analisa terlihat pada sampel P4 dengan melakukan proses delignifikasi 6 jam dan menggunakan larutan pemasak NaOH 10% didapatkan nilai gramturnya sebesar 58,7 g/m² sedangkan pada sampel M3 dengan perlakuan melakukan proses delignifikasi 6 jam dan menggunakan larutan pemasak NaOH 10% serta penambahan zat aditif kitosan 6% didapatkan nilai gramatur 65,1 g/m². Hasil yang didapatkan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) No.7274:2008 yaitu 50-100 g/m². Berdasarkan hasil analisa terlihat gramatur *paper* tidak seragam. Hal ini terjadi karena proses pencetakannya menggunakan alat manual yaitu sablon. Tingginya nilai gramatur disebabkan karena alat yang digunakan untuk mencetak kertas pada penelitian tersebut, proses *sandblasting* juga mempengaruhi gramatur kertas. Pada saat pengamplasan yang tugasnya adalah menghilangkan air dengan spons, sehingga ketebalan kertas menjadi tidak rata dan tidak terjadi pengepresan pada kertas [15].

3.2.2 Analisa Ketahanan Tarik

Ketahanan tarik kertas adalah gaya yang diperlukan untuk menyobek sejumlah lembaran kertas dengan panjang sobekan tertentu. Adapun hasil analisa dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Hasil analisa ketahanan tarik pada *paper*

Sampel	Ketahanan Tarik (10 ⁵ kN/m ²)
P4	3.971
M3	6.935

Tabel 7 menampilkan hasil analisa ketahanan tarik pada *paper* serat kulit pinang. Pada sampel P4 dengan melakukan proses delignifikasi 6 jam dan menggunakan larutan pemasak NaOH 10% didapatkan ketahanan tarik sebesar 3.971 x 10⁵ kN/m², selanjutnya pada sampel M3 dengan perlakuan proses delignifikasi 6 jam dan menggunakan larutan pemasak NaOH 10% serta penambahan zat aditif kitosan 6% didapatkan ketahanan tarik sebesar 6.935 x 10⁵ kN/m². Hasil yang didapatkan sesuai dengan standar nasional Indonesia (SNI) No. No.7274:2008 yaitu >2 kN/m².

3.3 Aktivitas Antibakteri Pulp Serat Kulit Pinang

Analisa aktivitas antibakteri dilakukan terhadap bakteri *Escherichia coli* dengan metode difusi cakram Kirby Bauer dan standar kekeruhan Mc Farland 0.5. Adapun hasil pengujiannya dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Hasil analisa aktivitas antibakteri pada *pulp* serat kulit pinang

Sampel	Zona Hambat (mm)	Daya Hambat
M0	0	-
M1	0	-
M2	0	-
M3	7.01	Lemah

Keterangan :

M0 : *Pulp* tanpa substitusi zat aditif (kontrol negatif)

M1 : *Pulp* dengan substitusi zat aditif kitosan 2%

M2 : *Pulp* dengan substitusi zat aditif kitosan 4%

M3 : *Pulp* dengan substitusi zat aditif kitosan 6%

Tabel 8 menunjukkan hasil analisa aktivitas antibakteri pulp serat kulit pinang dengan membandingkan pulp tanpa disubstitusi kitosan dan pulp yang disubstitusi kitosan. Berdasarkan hasil analisa menunjukkan bahwa pulp tanpa penambahan kitosan (M0) tidak mempunyai zona hambat, sedangkan pulp yang diganti kitosan 2% (M1) dan pulp yang diganti kitosan 4% (M2) juga tidak memiliki zona hambat. zona hambatan yang ditunjukkan. Hal ini dikarenakan konsentrasi kitosan yang digunakan terlalu rendah sehingga tidak mampu mereduksi bakteri *Escherichia coli*. Sedangkan pulp dengan penggantian kitosan 6% memberikan zona hambat sebesar 7,01 mm dengan kategori daya hambat lemah. Dari hasil pengujian terlihat bahwa semakin tinggi kandungan kitosan maka semakin meningkat zona

hambat bakteri. Mekanisme kitosan dalam menghambat bakteri *Escherichia coli* didasarkan pada muatan positif kitosan yang dapat berikatan dengan permukaan bakteri gram negatif dan merusak membran sel serta meningkatkan permeabilitasnya. Kitosan juga mampu menyerap zat elektronegatif dari sel bakteri dan menghasilkan flokulasi yang mengganggu fungsi fisiologis bakteri dan akhirnya membunuh bakteri tersebut [16].

Kemudian dipertegaskan oleh [17] aktivitas antimikrobia pada kitosan disebabkan oleh korelasi antara muatan positif pada molekul kitosan dengan muatan negatif pada membran sel mikroba. Korelasi ini bertindak sebagai gaya elektrostatis antara gugus NH_3^+ terprotonasi dan residu negatif yang bersaing dengan Ca^{2+} pada sisi elektronegatif permukaan membran sel. Korelasi elektrostatis menyebabkan perubahan sifat permeabilitas membran sehingga menyebabkan ketidakseimbangan tekanan osmotik internal yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme tersebut. Korelasi elektrostatis dapat memicu hidrolisis peptidoglikan pada dinding mikroorganisme sehingga menyebabkan pelepasan elektrolit intraseluler seperti ion kalium dan molekul seperti protein dan asam nukleat. Selain itu, kitosan mampu menembus dinding sel bakteri, berikatan dengan DNA serta menghambat sintesis RNA dan transkripsi DNA. Kitosan juga mengandung kelat logam yang dapat menghambat unsur spora dan mengikat nutrisi penting untuk pertumbuhan mikroba. Kemampuan kitosan dalam mengikat logam disebabkan adanya gugus amina yang terkandung dalam kitosan, sehingga dapat menguap menjadi kation logam melalui khelasi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu pengujian kadar air yang optimum diperoleh pada waktu delignifikasi selama 3 jam menggunakan konsentrasi larutan pemasak NaOH 30% yaitu 6,262%. Untuk pengujian rendemen *pulp* dan kadar selulosa optimum diperoleh pada waktu delignifikasi yaitu 6 jam menggunakan konsentrasi larutan pemasak NaOH 10% yaitu 56,537% dan 83,51%. Untuk pengujian kadar lignin dan bilangan kappa optimum diperoleh pada waktu 9 jam menggunakan konsentrasi larutan pemasak NaOH 30% yaitu 11,127% dan 46,154%. Pengujian komponen fisik didapatkan pada perlakuan proses waktu delignifikasi 6 jam dengan menggunakan larutan pemasak NaOH 10% dan menggunakan zat aditif kitosan 6%. Analisa grematur dan ketahanan tarik didapatkan sesuai dengan SNI No. 7274:2028 yaitu 50-100 g/m² dan <2 kN/ m². Pengujian aktivitas antibakteri pulp serat kulit pinang dengan substitusi zat aditif kitosan 6% diperoleh zona hambat 7,01 mm (lemah).

5. Referensi

- [1] Sutanto, "Buku Digital Sebagai Solusi Alternatif Untuk Mengurangi Dampak Negatif Industri Buku Indonesia Pada Lingkungan," *Dimensi*, vol. 16, pp. 13-28, 2019.
- [2] Kencanawati, C., Sugita, I., Suardana, N., Suyasa, I., "Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Serat Kulit Buah Pinang," *Jurnal Energi dan Manufaktur.*, vol. 11, pp. 6–10, 2018.
- [3] Noer, E., dan Aliya, N., "Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostan* L.) terhadap Bakteri Penyebab Jerawat," *Farmaka*, vol.16, pp. 322-327, 2016.
- [4] Arsyad, M., "Pengaruh pengeringan terhadap laju penurunan kadar air dan berat jagung (*Zea mays* L.) untuk varietas bisi 2 dan NK22," *Agropolitan.*, vol. 5, pp. 44–52, 2018.
- [5] Novianti, P., dan Setyowati, W. A. E., "Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Kepok Sebagai Bahan Baku Pembuatan Kertas Alami Dengan Metode Pemisahan Alkalisasi," *Prosiding SNPS (Seminar Nasional Pendidikan Sains*, vol. 3, pp. 459–466, 2016.
- [6] Rahmayanti, A., Yerizam, M., dan Dewi, E., "Pemanfaatan Ampas Tebu dan Kulit Jagung sebagai Bahan Baku Pulp dengan Proses Organosolv," *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, vol. 2, pp. 349-354, 2022.
- [7] Tulak, R., Bulo, L., dan Harlim, T., "Pengaruh Waktu Pemanasan dan Konsentrasi Larutan Pemasak Terhadap Kualitas Pulp dari Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*)," *Paulus Chemical Engineering Journal*, vol. 1, pp. 43-50, 2022.
- [8] Andaka, G dan Wijaya, D., "Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu untuk Memproduksi Pulp dengan Proses Soda," *Prosiding RETII*, vol. 235, pp. 427-434, 2019.
- [9] Paskawati, Y. A., dan Retnoningtyas, E. S., "Pemanfaatan sabut kelapa sebagai bahan baku pembuatan kertas komposit alternatif," *Widya Teknik*, vol. 9, pp. 427-434, 2017.
- [10] Bahri, S., "Pembuatan pulp dari batang pisang," *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, vol. 4, pp. 36-50, 2017.
- [11] Amelia, S. R., Yerizam, M., dan Dewi, E., "Analisis Karakteristik Pulp Campuran Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Pelepah Pisang dengan Pelarut NaOH," *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi*

- Indonesia, vol. 1, pp. 389-393, 2021.
- [12] Maharani, D. M. dan Rosyidin, K., “Efek Pretreatment Microwave-NaOH Pada Tepung Gedebog Pisang Kepok terhadap Yield Selulos,” *Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian UGM*, vol. 38, pp. 133-139, 2018.
- [13] Rahmadi, A. I., Madusari, S., dan Lestari, I., “Uji Sifat Fisik dan Sifat Kimia Pulp dari Limbah Pelepah Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.),” *Prosiding Semnastek*, e-ISSN 2407-1846, pp. 1–6, 2018.
- [14] Ariyanto, T. N., “*Pengaruh Konsentrasi NaOH, Lama Perendaman dan Waktu Pemasakan terhadap Bilangan Kappa pada Pembuatan Pulp dari Kulit Kacang Tanah*,” Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta, pp. 1-11, 2019.
- [15] Vitaloka, A., Rohanah, A., dan Rindang, A., “Karakteristik kertas berbahan baku ampas tebu dan sampah kertas,” *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian.*, vol. 5, pp. 140–144, 2017.
- [16] Yulina, R., Winiati, W., Kasipah, C., Septiani, W., Mulyawan, A. S., dan Wahyudi, T., “Pengaruh berat molekul kitosan terhadap fiksasi kitosan pada kain kapas sebagai antibakteri,” *Arena Tekstil*, vol. 29, pp. 81–90, 2014.
- [17] Yudhasasmita, S., dan Nugroho, A. P., “Sintesis dan aplikasi nanopartikel kitosan sebagai adsorben cd dan antibakteri koliform,” *Jurnal Ilmiah Biologi*, vol. 5, pp. 42-48, 2017.