

OPTIMASI PROSES DELIGNIFIKASI PELEPAH PISANG UNTUK BAHAN BAKU PEMBUATAN KERTAS SENI

Ika Atsari Dewi¹⁾, Azimmatul Ihwah²⁾, Hendrix Yulis Setyawan³⁾, Alfi Ayuning Nur Kurniasari⁴⁾, dan Afifah Ulfah⁵⁾

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya

^{1,2,3,4,5}Jl. Veteran No. 1-4 Malang, Telp. 0341-583964 Fax. 0341-568917

E-mail ikaatsaridewi@ub.ac.id¹⁾, azimmatul.ihwah@ub.ac.id²⁾, hendrix@ub.ac.id³⁾, alfifiaku@gmail.com⁴⁾, afifahulfa1230@gmail.com⁵⁾

ABSTRAK

Kertas seni (*art paper*) adalah produk kertas hasil kerajinan tangan yang bertekstur kasar, serat nampak, dan warna beragam. Kertas seni juga dapat digunakan sebagai salah satu media pemanfaatan limbah pertanian berupa serat bukan kayu seperti pelepah pisang. Pelepah pisang (*Musa paradisiaca*) adalah bagian dari tanaman pisang yang mengandung selulosa diatas 80% sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku kertas seni. Pada proses pembuatan kertas dilakukan proses delignifikasi yang bertujuan untuk menghilangkan lignin pada bahan yang dapat menyebabkan kertas bertekstur kaku dan berwarna kecoklatan. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Respon Surface* menggunakan software *Design Expert* 10.0.1 yang bertujuan untuk memperoleh perlakuan optimum proses delignifikasi pelepah pisang. Rancangan percobaan yang digunakan yaitu Rancangan Komposit Terpusat, terdiri dari 2 faktor yaitu konsentrasi NaOH (%) dan waktu pemasakan (menit). Kombinasi perlakuan yang dilakukan yaitu untuk konsentrasi NaOH menggunakan perlakuan 1%, 2% dan 3%, sedangkan lama waktu pemasakan menggunakan perlakuan selama 90 menit, 120 menit dan 150 menit. Titik optimum hasil delignifikasi pelepah pisang memperoleh hasil perlakuan konsentrasi NaOH 3% dan lama waktu pemasakan 128,413 menit menghasilkan kadar lignin sebesar 2,637% dan kadar selulosa sebesar 80,713 %. Berdasarkan hasil tersebut pelepah pisang dapat dijadikan kertas seni dengan proses delignifikasi untuk memutus rantai ikatan lignin sehingga dapat memperkuat ikatan pulp.

Kata Kunci: Pelepah pisang, delignifikasi, konsentrasi NaOH, waktu pemasakan, lignin, selulosa

1. PENDAHULUAN

Kertas seni (*art paper*) merupakan salah satu jenis produk kertas hasil kerajinan tangan dengan bahan baku dari kertas bekas sampai pulp limbah pertanian (Sutyasmi, 2012). Kertas seni memiliki tekstur kasar, serat yang terlihat, dan warna beragam. Warna dan tekstur serat kertas seni dipengaruhi oleh bahan baku yang digunakan. Kertas seni merupakan salah satu media pemanfaatan limbah pertanian berupa serat bukan kayu, karena tingkat estetika dan keunikan dari kertas seni tergantung dari bahan baku yang digunakan (Muraleedharan and Perumal, 2010). Bahan baku alternatif sebagai pengganti kayu dalam pembuatan kertas seni diantaranya yaitu rumput gajah, sabut kelapa, pinang, *klobot*, pelepah tanaman salak, bulu ayam dan pelepah pisang. Bahan baku pengganti kayu pada proses pembuatan kertas menjadi hal penting karena semakin hari hutan di Indonesia mengalami pengurangan dan didukung dengan mahalnya harga kayu. Kandungan yang dibutuhkan dalam proses pembuatan kertas yaitu selulosa dalam bentuk serat sehingga sebagian besar tanaman dapat digunakan sebagai bahan baku kertas. Kandungan selulosa yang digunakan acuan dalam pembuatan kertas menurut industri kimia yaitu memiliki kandungan selulosa di atas 80 % (Bahri, 2015). Setiap tanaman

memiliki komponen penyusun terbesar yaitu komponen lignoselulosa yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Pada proses pembuatan kertas komponen tumbuhan yang mempengaruhi yaitu selulosa dan lignin. Hemiselulosa bersama lignin membalut dan menyatukan serat-serat selulosa. Pada proses pembuatan kertas, selulosa memiliki peranan penting karena mengandung serat yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan kertas, sehingga untuk memperoleh serat-serat pada selulosa perlu dilakukan proses penghilangan lignin. Kandungan lignin yang tinggi pada kertas akan mengakibatkan kertas berwarna kecoklatan apabila terlalu lama terkena sinar matahari dan membuat tekstur kertas menjadi kaku (Bahri, 2015). Berdasarkan penelitian Saleh *et al.* (2009), mengenai pembuatan *pulp* dari sabut kelapa muda, diperoleh kadar selulosa tertinggi sebesar 88,50% pada kondisi perlakuan konsentrasi NaOH 10%, temperatur 100°C, dan waktu pemasakan 120 menit. Kadar abu paling rendah sebesar 3,28% diperoleh pada kondisi perlakuan konsentrasi NaOH 10%, temperatur 120°C, dan waktu pemasakan 120 menit. Kadar lignin paling rendah sebesar 11,96% diperoleh pada kondisi perlakuan konsentrasi NaOH 10%, temperatur 80°C, dan waktu pemasakan 90 menit.

Pelepah pisang (*Musa paradisiaca*) adalah salah satu bagian dari tanaman pisang yang kurang dimanfaatkan oleh masyarakat. Umumnya pelepah pisang dibuang dan dibakar yang menyebabkan penumpukan sampah. Pentingnya pengelolaan sampah dilakukan untuk mengurangi jumlah sampah dan mengurangi proses pembakaran sampah. Pengelolaan sampah merupakan salah satu kegiatan yang dilakukan dengan cara pengumpulan, pengangkutan, dan pemrosesan daur ulang sampah (Purwandari dkk., 2018). Pelepah pisang biasanya berbentuk kumpulan pelepah yang berdiri tegak. Pohon pisang yang sudah berbuah akan segera mati dan biasanya akan ditinggalkan hingga menjadi pupuk, sehingga bagian-bagian pohon pisang seperti daun, jantung pisang dan khususnya pelepah pisang kurang dimanfaatkan.

Pelepah pisang memiliki jaringan selular dengan pori-pori yang saling berkaitan sehingga ketika dilakukan proses pengeringan akan menjadi padat. Pelepah pisang merupakan tanaman dengan daya simpan lama, ditemukan di banyak tempat sebagai limbah pertanian, dan biaya yang dikeluarkan cukup rendah dalam perolehan bahan maupun penanganan bahan yang dilakukan. Pelepah pisang memiliki kandungan α -selulosa sebesar 83,3 % dan lignin sebesar 2,97 % (Bahri, 2015). Berdasarkan nilai kandungan selulosanya maka pelepah pisang dapat digunakan sebagai alternatif bahan baku kertas pengganti kayu dengan nilai selulosa diatas 80%.

Selulosa adalah polimer dari polisakarida berantai lurus yang tersusun atas glukosa atau unit selobiosa dengan penghubung ikatan β -1-4-glukan. Didalam selulosa terdapat serat-serat yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan kertas. Rantai-rantai selulosa tersusun oleh ikatan hidrogen yang disebut mikrofibril. Mikrofibril selulosa memiliki bentuk amorf dan kristal sekitar 2/3 bagiannya. Bentuk struktur seratnya yang kristal menyebabkan selulosa sulit didegradasi secara enzimatis. Selulosa, hemiselulosa, pektin, dan protein akan membentuk struktur jaringan yang memperkuat dinding sel tanaman (Nikmatin dkk., 2012).

Lignin atau zat kayu adalah suatu komponen yang mengisi ruang di dalam dinding sel antara selulosa, hemiselulosa, dan pektin. Lignin berfungsi sebagai bagian penting dalam distribusi air di tanaman batang. Komponen polisakarida pada dinding sel tanaman bersifat hidrofilik sehingga permeabel terhadap air, sedangkan lignin lebih hidrofobik. Lignin ada dalam semua tumbuhan vaskular kecuali bryophyta (Setiati dkk., 2016). Menurut unsur-unsur strukturnya lignin dibagi menjadi 2 kelas yaitu lignin guaiasil (terdapat pada kayu lunak hasil polimerisasi dari koniferil alkohol) dan lignin guaiasil-siringil (kayu keras hasil kopolimer dari koniferil alkohol dan sinapil alkohol). Lignin bersifat tidak larut dalam pelarut sederhana, namun lignin alkali dan lignin sulfonat larut dalam air, alkali encer, larutan garam dan buffer (Simatupang, 2012). Pada proses pembuatan kertas, lignin merupakan

senyawa penghambat ikatan antar serat dan menyebabkan serat menjadi kaku dan serat sukar pecah saat penggilingan yang menyebabkan ikatan antar serat menjadi lebih rendah. Selain itu, kandungan lignin yang tinggi dapat menyebabkan kertas berwarna kecoklatan, sehingga lignin pada bahan baku pembuatan kertas harus dihilangkan atau di minimalisir (isolasi) dengan menggunakan proses delignifikasi (Dewi dkk., 2015).

Delignifikasi adalah suatu subproses yang terdapat pada proses *pulping* yang dilakukan dengan untuk melarutkan lignin yang bertujuan untuk memperoleh hasil serat yang lebih banyak. Pada proses delignifikasi, lignin akan terdegradasi oleh larutan pemasak menjadi molekul yang lebih kecil yang dapat larut dalam lindi hitam. Hal yang perlu diperhatikan yaitu konsentrasi bahan kimia yang digunakan dan waktu pemasakan, semakin besar konsentrasi larutan pemasak dan semakin lama waktu pemasakan, maka lignin yang terhidrolisis akan semakin banyak. Namun konsentrasi larutan pemasak yang terlalu tinggi dan waktu pemasakan yang terlalu lama akan mengakibatkan selulosa terhidrolisis sehingga kualitas *pulp* yang dihasilkan akan menurun (Dewi dkk., 2015).

Proses perhitungan optimasi dilakukan dengan menggunakan *Response Surface Methodology* dengan menggunakan 2 respon yaitu nilai uji lignin dan selulosa yang diperoleh dengan menggunakan *metode chesson*. *Metode response surface* adalah sekumpulan teknik matematika dan statistika yang digunakan untuk menganalisis permasalahan pengaruh variabel independen dengan variabel respon yang bertujuan untuk mengoptimalkan respon (Octaviani dkk., 2017). Hasil penelitian ini diharapkan mampu digunakan sebagai alternatif penentuan perlakuan optimal pada proses delignifikasi pelepah pisang sehingga mampu menghasilkan kertas memiliki tekstur baik.

2. RUANG LINGKUP

Dalam penelitian ini permasalahan yang dibahas hanya mencakup hal-hal sebagai berikut.:

1. Kandungan lignin yang tinggi pada kertas mengakibatkan kertas kaku dan berwarna kecoklatan apabila terkena cahaya matahari dalam waktu yang lama
2. Limbah pelepah pisang yang melimpah dan kurang memiliki nilai ekonomis tinggi apabila tidak diolah, selain itu sebagai bahan baku pengganti kayu pada proses pembuatan kertas
3. Perlakuan proses delignifikasi pelepah pisang dilakukan dengan menggunakan media pemanas *hot plate* dan NaOH sebagai bahan delignifikasi yang dilakukan di Laboratorium Teknologi Agrokimia dan Laboratorium Bioindustri Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya Malang
4. Penelitian ini hanya dilakukan untuk bahan pelepah pisang (*Musa paradisiaca*) yang banyak

dijumpai di daerah Kebonagung, Pakisaji, Malang, Jawa Timur

3. BAHAN DAN METODE

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini dibagi menjadi 2 proses yaitu proses pembuatan *pulp* pelepah pisang dan proses pengujian kandungan lignin dan selulosa. Alat yang digunakan dalam proses pembuatan *pulp* yaitu *beaker glass*, *hot plate*, *stopwatch*, blender, oven, gunting, pisau, gelas ukur, timbangan digital, kain saring, dan pengaduk. Alat yang digunakan untuk uji kandungan lignin dan selulosa yaitu *refluks*, *hot plate*, *erlenmeyer*, timbangan, oven, cawan porselen, desikator, nampan, penjepit, sarung tangan dan *muffle furnace*.

Bahan yang digunakan pada proses pembuatan *pulp* yaitu pelepah pisang yang dijumpai di daerah Kebonagung, Pakisaji, Malang, Jawa Timur sebagai bahan utama dan bahan pembantu yaitu natrium hidroksida (NaOH) p.t (*pro technis*) dengan kemurnian 78%, aluminium foil, aquades (H₂O). Bahan yang digunakan untuk proses pengujian kadar lignin dan selulosa yaitu asam sulfat (H₂SO₄) p.a (*pro analyst*) dengan kemurnian 98%, aquades (H₂O) dan tanah liat.

3.1 Prosedur Penelitian

Prosedur optimasi delignifikasi pelepah pisang sebagai berikut.

1. Persiapan bahan penelitian

Pelepah pisang sebagai bahan yang akan dilakukan proses delignifikasi dipotong dengan ukuran 2x2 untuk mempercepat proses pengeringan.

2. Pengeringan

Proses pengeringan dilakukan dengan diangin anginkan dibawah sinar matahari selama 7 hari. Proses delignifikasi dilakukan dengan larutan NaOH yang dipanaskan pada suhu 100° C selama 90 menit hingga 150 menit sesuai dengan perlakuan yang akan dilakukan. Diagram alir proses delignifikasi pada Gambar 1.

3. Proses pengujian kadar lignin dan selulosa

Hasil *pulp* kering yang telah diperoleh kemudian dilakukan pengujian kadar lignin dan selulosa menggunakan metode *Chesson*. Berikut adalah tahapan uji kadar lignin dan selulosa metode *Chesson* (Mudyantini, 2008):

- 1) 1 gram sampel kering (berat a), ditambahkan 150 ml H₂O atau alkohol-benzene dan direfluk pada suhu 100°C dengan *water bath* selama 1 jam.
- 2) Hasilnya disaring, residu dicuci dengan air panas 300 ml.
- 3) Residu kemudian dikeringkan dengan oven sampai beratnya konstan dan kemudian ditimbang (berat b).
- 4) Residu ditambah 150 ml H₂SO₄ 1 N, kemudian direfluk dengan *water bath* selama 1 jam pada suhu 100°C.

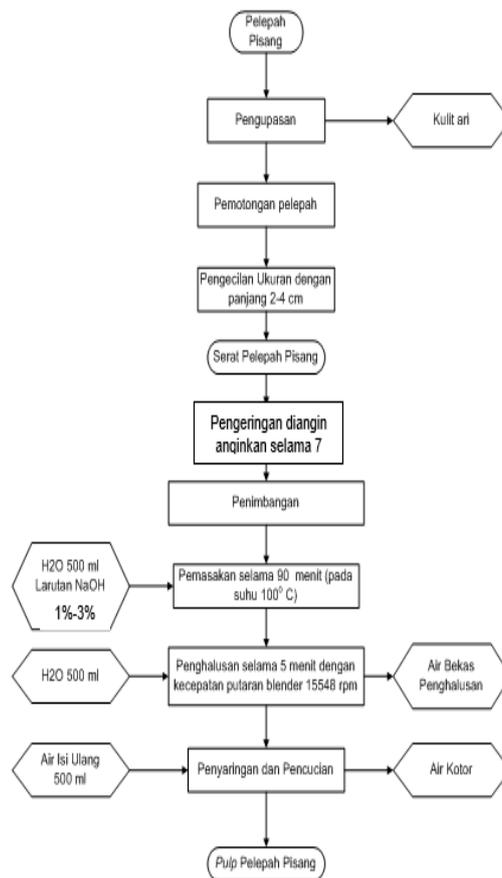
- 5) Hasilnya disaring dan dicuci sampai netral (300 ml H₂O) dan residunya dikeringkan hingga beratnya konstan. Berat ditimbang (berat c).
- 6) Residu kering ditambahkan 100 ml H₂SO₄ 72% dan direndam pada suhu kamar selama 4 jam.
- 7) Ditambahkan 150 ml H₂SO₄ 1 N dan direfluk pada suhu 100°C dengan *water bath* selama 1 jam pada pendingin balik.
- 8) Residu disaring dan dicuci dengan H₂O sampai netral (400 ml).
- 9) Residu kemudian dipanaskan dengan oven dengan suhu 105°C sampai beratnya konstan dan ditimbang (berat d).
- 10) Selanjutnya residu diabukan dan ditimbang (berat e). Perhitungan kadar selulosa dan kadar lignin menggunakan rumus sebagai berikut (1)

Kadar Selulosa

$$= \frac{c - d}{a} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Kadar Lignin

$$= \frac{d - e}{a} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$



Gambar 1. Diagram Alir Proses Delignifikasi

Berdasarkan metode tersebut diperoleh nilai kadar lignin dan kadar selulosa pada pelepah pisang tanpa perlakuan yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Pelepah pisang

Kandungan Pelepah Pisang	Nilai
Kadar Lignin	6,4%
Kadar Selulosa	53,8 %

3.2 Rancangan Percobaan

Proses optimasi dilakukan dengan menggunakan Metode Respon Permukaan (*Response Surface Methodology*) dengan menggunakan rancangan percobaan yaitu Rancangan Komposit Terpusat (*Central Composit Design*) dengan menggunakan 2 faktor perlakuan. Faktor pertama yaitu banyaknya konsentrasi NaOH yang digunakan dan faktor kedua yaitu lamanya waktu pemasakan. Berdasarkan kedua faktor tersebut, percobaan dilakukan pada titik tengah ($X=0$). Pada faktor pertama (Konsentrasi NaOH) digunakan titik tengah konsentrasi NaOH sebesar 2% ($X_1=0$), sedangkan faktor kedua (Lama waktu pemasakan) digunakan titik tengah lama waktu pemasakan selama 120 menit ($X_2=0$). Pemilihan titik tengah kedua faktor didasarkan pada penelitian (Bahri, 2015) yaitu kondisi operasi maksimum dari proses pembuatan pulp batang pisang dengan menggunakan konsentrasi NaOH sebanyak 2 % dan lama waktu pemasakan selama 120 menit. Berdasarkan penelitian tersebut menghasilkan kandungan selulosa sebanyak 83,3 % dan kandungan lignin sebanyak 2,97 %. Pada penelitian ini respon yang diuji yaitu kadar lignin (Y_1) dan kadar selulosa (Y_2). Kombinasi perlakuan keduanya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kombinasi Perlakuan

Variabel Kode		Variabel Atribut		Respon	
X1	X2	Konsentrasi NaOH (%)	Waktu Pemasakan (menit)	Kadar Lignin	Kadar Selulosa
-1	-1	1	90	5.9	62.268
+1	-1	3	90	4.5	72.7273
-1	+1	1	150	2.5	86.39
+1	+1	3	150	2.2	82.18
-1.414	0	0.585786	120	3.5	79.37
+1.414	0	3.41421	120	1	87.5623
0	-1.414	2	77.5736	5.6	63.75
0	+1.414	2	162.426	5.1	63.37
0	0	2	120	4.7	72.83
0	0	2	120	4.4	72.4096
0	0	2	120	4.3	72.63
0	0	2	120	4.8	73.6364
0	0	2	120	4.7	71.88

Berdasarkan Tabel 2 maka diperoleh titik komposit terpusat yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Titik Komposit Terpusat

Faktor	$-\alpha$	-1	0	1	α
Konsentrasi NaOH (%)	0.585786	1	2	3	3.41421
Waktu Pemasakan (menit)	77.5736	90	120	150	162.426

Berdasarkan Tabel 3. titik komposit terpusat yang digunakan ada 2 faktor dan 3 level, yaitu faktor konsentrasi NaOH dan faktor waktu pemasakan dengan 3 level yaitu level -1, 0, dan 1. Rancangan ini diolah dengan menggunakan *desain expert* yang bertujuan untuk menentukan batasan dalam proses delignifikasi (Rahmah dkk., 2016).

4. PEMBAHASAN

Bahan yang tela melalui proses delignifikasi kemudian dikeringkan dan diuji kandungan lignin dan kandungan selulosa menggunakan metode *Chesson*. Proses *pulping* yang optimal untuk serat tanaman non kayu menggunakan NaOH sebagai larutannya. NaOH dalam pemasakan berfungsi sebagai pemutus ikatan antar serat (selulosa) sehingga dapat mempercepat terbentuknya *pulp*.

4.1 Respon Kadar Lignin

Kandungan lignin pada pelepah pohon pisang yaitu 6,4%. dapat dilihat pada Tabel 1. Proses delignifikasi bertujuan membantu pemutusan lignin sehingga dapat menghasilkan rendemen yang jauh lebih tinggi, sedangkan menurut Nasution. (2010), delignifikasi merupakan tahap awal yang bertujuan mengurangi kadar lignin didalam bahan berlignoselulosa agar selulosa menjadi lebih mudah diakses. Hasil proses delignifikasi pelepah pisang diperoleh nilai kadar lignin yang dapat dilihat pada Tabel 4. Nilai kadar lignin tertinggi yaitu 5,6% pada konsentrasi NaOH 2% dengan lama waktu pemasakan 77,57 menit. Kadar lignin setelah proses delignifikasi pelepah pisang yaitu sebesar 1% pada konsentrasi NaOH 3,41 % pada lama pemasakan 120 menit. Nilai tersebut kemudian diolah menggunakan *software Design Expert 10.0.1*. Pada tabel *fit summary* diperoleh model matematika yang disarankan pada *Model Summary Statistics* yaitu *Quadratic* dengan nilai *Adjusted R Squared* yaitu 0.7352. Nilai *Adjusted R Squared* mendekati nilai 1 yaitu 73,52% menunjukkan model tersebut memiliki keeratn dengan respon. Kesesuaian model matematika tersebut didukung oleh nilai *p-value* pada *Lack of Fit Tests* pada model *quadratic* bernilai 0,0047. Nilai tersebut kurang dari 0,05 yang berarti model matematika *quadratic* memiliki kesesuaian dengan respon.

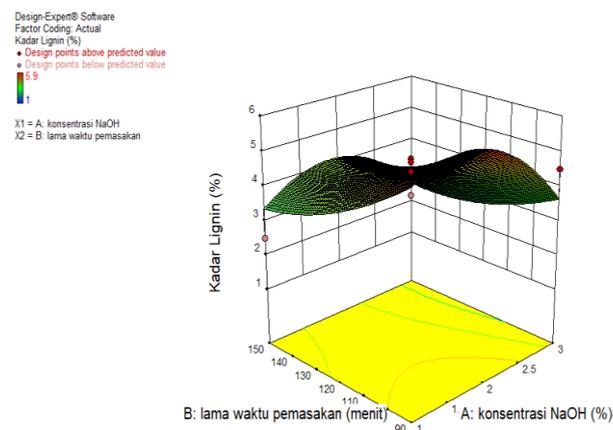
Tabel 4. Nilai Kadar Lignin Pulp Pelepeh Pisang

Konsentrasi NaOH (%)	Lama Waktu Pemasakan (menit)	Kadar Lignin Pulp Pelepeh Pisang (%)
1	90	5.9
3	90	4.5
1	150	2.5
3	150	2.2
0.585786	120	3.5
3.41421	120	1
2	77.5736	5.6
2	162.426	5.1
2	120	4.7
2	120	4.4
2	120	4.3
2	120	4.8
2	120	4.7

Berdasarkan analisis ragam pada nilai ANOVA menunjukkan model yang disarankan yaitu model *quadratic* dengan nilai *p-value* kurang dari 0,05 yaitu 0,0093. Pada faktor konsentrasi NaOH memiliki nilai *p-value* lebih kecil dari 0,05 yaitu 0,0388 maka faktor konsentrasi NaOH memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon yaitu kadar lignin pulp pelepeh pisang. Faktor kedua yaitu lama waktu pemasakan pada proses delignifikasi memiliki nilai *p-value* kurang dari 0,05 yaitu 0,0172 yang menunjukkan faktor lama waktu pemasakan berpengaruh secara signifikan terhadap respon yaitu kadar lignin setelah proses delignifikasi. Diperoleh model matematika *quadratic* yaitu Y (Kadar lignin) = $12,66744 + 2,93056 * \text{konsentrasi NaOH} - 0,14603 * \text{lama waktu pemasakan} + 0,0091667 * \text{konsentrasi NaOH} * \text{lama waktu pemasakan} - 1,17125 * \text{konsentrasi NaOH}^2 + 0,000420833 * \text{lama waktu pemasakan}^2$ dengan R^2 73,52%.

Grafik hubungan faktor konsentrasi NaOH dan lama waktu pemasakan dengan respon kadar lignin dapat dilihat pada Gambar 2. Pada grafik diperoleh bahwa kedua faktor berpengaruh terhadap respon. Faktor konsentrasi NaOH terhadap kadar lignin semakin tinggi konsentrasi NaOH yang ditambahkan maka nilai kadar lignin semakin menurun. Ion OH^- pada NaOH akan memutuskan ikatan dasar pada lignin dan akan larut pada garam fenolat yang terbentuk akibat ikatan Na^+ dengan senyawa lignin. Lignin yang larut pada larutan NaOH berwarna hitam yang disebut senyawa lindi hitam. Semakin tinggi konsentrasi NaOH yang digunakan maka lignin yang terhidrolisis akan semakin besar (Heradewi, 2007). Hal ini dikarenakan adanya penggunaan katalis NaOH yang berfungsi sebagai pemecah struktur lignoselulosa pada bahan baku *pulp*. Hal tersebut diakibatkan oleh masuknya partikel NaOH kedalam bahan dan memecah struktur lignin (Dewi dkk, 2018).

Faktor lama waktu pemasakan pada Gambar 2 menunjukkan grafik penurunan kadar lignin dengan meningkatnya lama waktu proses pemasakan. Semakin lama waktu pemasakan saat proses delignifikasi semakin rendah kadar lignin pada pulp pelepeh pisang. Perpindahan panas ini mengakibatkan suhu bahan akan semakin naik jika waktu semakin lama, begitu pula semakin sedikit volume pelarut NaOH (Maharani dan Khulafaur, 2018).



Gambar 2. Grafik Hubungan Faktor dengan Kadar Lignin

Nilai kadar lignin yang diperoleh 1% hingga 5,9% mengalami penurunan nilai lignin pada bahan sebesar 6,4% sebesar 0,5% hingga 5,4 % lignin. Proses delignifikasi dipengaruhi oleh proses pemasakan pada suhu tinggi yang dapat menghidrolisis polisakarida serat. Semakin tinggi suhu proses pemasakan akan membuat konversi lignin yang terdegradasi semakin besar (Wibisono *et al.*, 2011).

4.2 Respon Kadar Selulosa

Kadar selulosa pada pelepeh batang pohon pisang sebesar 53,8% yang disajikan pada Tabel 1. Proses delignifikasi pelepeh pohon pisang menunjukkan hubungan antara konsentrasi NaOH dengan waktu pemasakan. Hasil kadar selulosa pulp pelepeh pisang dapat dilihat pada Tabel 5. Kadar selulosa tertinggi pada pulp pelepeh pohon pisang yaitu 87,56% pada perlakuan konsentrasi NaOH 3,41% dan waktu pemasakan 120 menit. Kadar selulosa terkecil diperoleh pada perlakuan penambahan NaOH 1% dengan waktu pemasakan 90 menit sebesar 62,26%. Data tersebut kemudian diolah untuk memperoleh data optimum menggunakan *software Design Expert 10.0.1*. Pada tabel *fit summary* diperoleh model matematika yang disarankan pada *Model Summary Statistics* yaitu *Quadratic* dengan nilai *Adjusted R Squared* yaitu 0,6533. Nilai *Adjusted R Squared* mendekati nilai 1 yaitu 65,33% menunjukkan model tersebut memiliki kecermatan dengan

respon. Model tersebut didukung dengan nilai *p-value* pada *Lack of Fit Tests* yaitu 0,0002.

Tabel 5. Nilai Kadar Selulosa Pulp Pelepeh Pisang

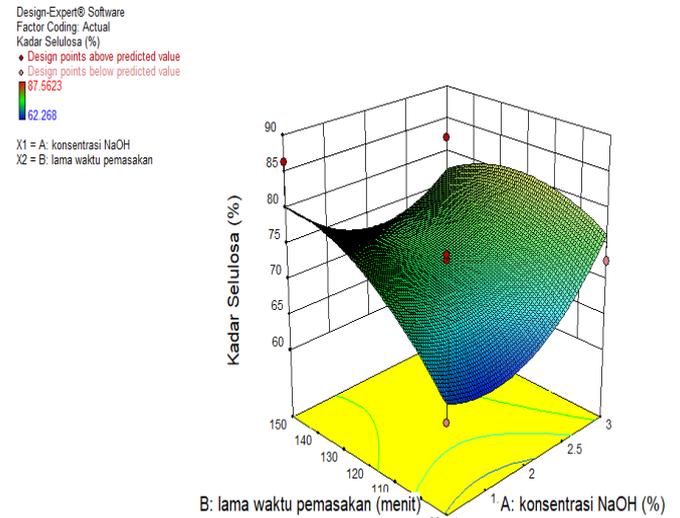
Konsentrasi NaOH (%)	Lama Waktu Pemasakan (menit)	Kadar Selulosa Pulp Pelepeh Pisang (%)
1	90	62.268
3	90	72.7273
1	150	86.39
3	150	82.18
0.585786	120	79.37
3.41421	120	87.5623
2	77.5736	63.75
2	162.426	63.37
2	120	72.83
2	120	72.4096
2	120	72.63
2	120	73.6364
2	120	71.88

Berdasarkan analisis ragam pada tabel ANOVA diketahui faktor konsentrasi NaOH tidak berpengaruh signifikan terhadap kadar selulosa dengan nilai *p-value* lebih dari 0,05 yaitu 0,2313. Sedangkan, faktor lama waktu pemasakan berpengaruh signifikan terhadap respon kadar selulosa dengan nilai *p-value* kurang dari 0,05 yaitu 0,0455. Faktor konsentrasi NaOH yang tidak berpengaruh signifikan terhadap kadar selulosa menunjukkan bahwa kesalahan galat tidak memengaruhi model matematis. Model matematika yang menunjukkan persamaan garis pada kadar selulosa yaitu $Y(\text{kadar selulosa}) = -17.10707 - 7.05756 * \text{konsentrasi NaOH} + 1.43922 * \text{lama waktu pemasakan} - 0.12224 * \text{konsentrasi NaOH} * \text{lama waktu pemasakan} + 5.98904 * \text{konsentrasi NaOH}^2 - 0.00440449 * \text{lama waktu pemasakan}^2$ dengan nilai R^2 65,33%.

Grafik hubungan konsentrasi NaOH dengan lama waktu pemasakan terhadap kadar selulosa dapat dilihat pada Gambar 3 menunjukkan grafik hubungan faktor konsentrasi NaOH terhadap respon yaitu kadar selulosa pada model *quadratic* tidak signifikan ditunjukkan dengan nilai kadar selulosa pada kenaikan konsentrasi NaOH mengalami peningkatan kadar selulosa secara fluktuatif. Semakin tinggi konsentrasi NaOH yang digunakan saat proses delignifikasi kadar selulosa pada pulp pelepeh pisang semakin meningkat. NaOH dapat mengekstraksi hemiselulosa dengan cara memecah struktur amorf pada hemiselulosa. Semakin rendah kadar selulosa menunjukkan bahwa bagian amorf semakin banyak dan bagian berkrystal semakin sedikit serta sebaliknya karena kadar selulosa yang rendah dikarenakan banyaknya bagian amorf yang terhidrolisis (Wijana dkk, 2013).

Faktor lama waktu pemasakan pada Gambar 3 menunjukkan grafik peningkatan kadar selulosa dengan

meningkatnya lama waktu proses pemasakan. Semakin lama waktu pemasakan saat proses delignifikasi semakin tinggi kadar selulosa pada pulp pelepeh pisang. Semakin lama waktu pemasakan semakin tinggi suhu dalam larutan dan dapat mempercepat proses hidrolisis alfa selulosa menjadi selulosa dan hemiselulosa.



Gambar 3. Grafik Hubungan Faktor dengan Kadar Selulosa

Nilai kadar selulosa yang diperoleh 62,26% hingga 87,56% dipengaruhi oleh proses pemasakan pada suhu tinggi yang dapat menghidrolisis polisakarida serat. Terdapat batasan pada proses hidrolisis yaitu dengan batas maksimal suhu pemasakan 102° C dengan tujuan agar selulosa tidak mengalami degradasi. Semakin tinggi suhu proses pemasakan akan membuat konversi lignin yang terdegradasi semakin besar dan kadar selulosa dalam pulp juga semakin besar (Wibisono *et al.*, 2011). Nilai kadar selulosa yang diperoleh mendekati nilai kadar selulosa pada pulp industri kertas yaitu kadar selulosa lebih besar dari 80% (Bahri, 2015). Hal tersebut didukung dengan bentuk fisik pulp pelepeh pisang yang memiliki bentuk sama dengan bentuk pulp kertas industri.

4.3 Hasil Optimasi Terhadap Kadar Lignin dan Kadar Selulosa

Tujuan penelitian memperoleh nilai optimal terhadap nilai minimasi lignin dan maksimasi kadar selulosa. Faktor konsentrasi yang digunakan pada proses optimasi yaitu 1% hingga 3% konsentrasi NaOH dan lama waktu pemasakan 90 menit hingga 150 menit. Diperoleh hasil pengujian kadar lignin pada nilai 1%-5,9% dan kadar selulosa sebesar 62,268% hingga 87,5623% yang dapat dilihat pada Tabel 6. Berdasarkan penelitian ini diperoleh nilai optimum proses delignifikasi pelepeh pisang pada konsentrasi NaOH 3%

dengan lama waktu pemasakan selama 128,413 menit. Berdasarkan nilai optimasi tersebut diperoleh kandungan kadar lignin sebesar 2,637 % dan kadar selulosa 80,713 %. Batas kendala hasil optimal terhadap respon dapat dilihat pada Tabel 7.

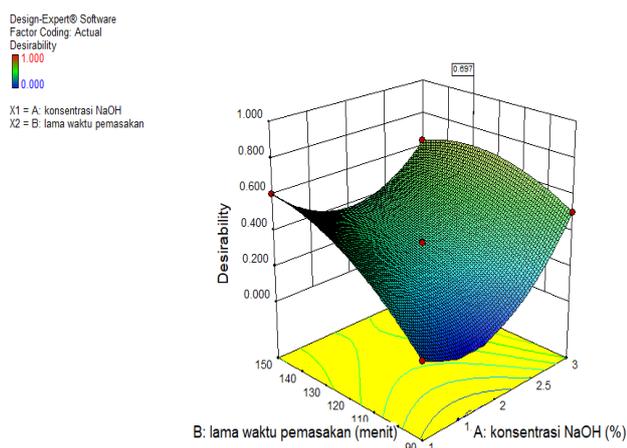
Tabel 6. Batas Kendala Hasil Solusi Optimal

Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Importance
A: Konsentrasi NaOH	In range	1	3	3 (Penting)
B: lama waktu pemasakan	In range	90	150	3 (Penting)
Kadar lignin	Minimize	1	5.9	3 (Penting)
Kadar selulosa	Maksimize	62.268	87.5623	3 (Penting)

Tabel 7. Hasil Solusi Optimal

Nama	Nilai
Konsentrasi NaOH	3%
Lama waktu pemasakan	128,436 menit
Kadar Lignin	2,636 %
Kadar Selulosa	80,712 %
Desirability	0,697

Terdapat nilai *Desirability* yang merupakan nilai yang mencerminkan bentangan nilai faktor terhadap respon yang menunjukkan derajat ketepatan hasil solusi optimal (Rahma dkk, 2016). Nilai *Desirability* pada penelitian ini diperoleh nilai 0,697 dapat dilihat pada Gambar 4. Nilai tersebut apabila mendekati satu yang menandakan bahwa nilai masing-masing respon memiliki ketepatan pada hasil solusi optimal (Rasyid *et al.*, 2016;).



Gambar 4. Grafik Desirability

Hasil nilai *Desirability* pada penelitian ini cukup jauh dengan nilai satu disebabkan oleh beberapa faktor yang memengaruhi saat pembuatan sampel pulp dari pelepah pisang. Faktor yang memengaruhi yaitu kondisi bahan pelepah pisang yang digunakan memiliki ketebalan yang

berbeda maka kadar air bahan berbeda-beda. Faktor kedua yaitu proses pengeringan dibawah matahari selama 7 hari dengan kondisi cuaca yang tidak menentu. Faktor lainnya yaitu saat proses delignifikasi tidak terdelignifikasi dengan baik yang disebabkan tidak ada proses pengadukan.

5. KESIMPULAN

Hasil delignifikasi pelepah pisang diperoleh titik optimum yaitu menggunakan konsentrasi NaOH 3% dengan lama waktu pemasakan selama 128,413 menit. Berdasarkan hasil tersebut diperoleh nilai kadar lignin pelepah pisang setelah delignifikasi yaitu 2,637% dan kadar selulosa 80,713 %. Berdasarkan nilai tersebut pelepah pisang dapat dijadikan kertas seni dengan proses delignifikasi untuk memutus rantai ikatan lignin sehingga dapat memperkuat ikatan pulp. Kadar selulosa yang diperoleh sesuai dengan nilai selulosa pada pulp kertas industri.

6. SARAN

Saran untuk penelitian ini yaitu perlu adanya penelitian lanjut mengenai pengaruh proses pengadukan terhadap proses delignifikasi. Proses pengadukan bagian penting dalam proses delignifikasi untuk pemerataan permukaan bahan saat proses delignifikasi.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Muraleedharan, H., dan Perumal K, 2010, *Eco-Friendly Handmade Paper Making*. Shri AMM Murugappa Chettiar Research Center: Chennai.
- Bahri, S. 2015. Pembuatan Pulp dari Batang Pisang. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* 4 (2): 36-50
- Dewi, I., A., Susingih, W, Nur, L. R., Erwin S., dan Arie F., M. 2015. Ketahanan Tarik Kertas Seni dari Serat Pelepah Nipah (*Nypa fruticans*) (Kajian Seminars Bahan Baku dan Perekat). *Prosiding Seminar Agroindustri dan Lokakarya Nasional FKPT-TPI*
- Dewi, I., A., Azimmatul I., Susingih W. 2018. Optimization on Pulp Delignification from *Nypa Palm (Nypa fruticans)* Petioles Fibre of Chemical and Microbiological Methods. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 187
- Heradewi. 2007. Isolasi Lignin dari Lindi Hitam Proses Pemasakan Organosolv SeratTandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). *Skripsi.FakultasTeknologiPertanian. IPB. Bogor.*
- Rasyid, M, F, A, Salim, M, S, Akil, H, M, Ishak, Z, A, M. 2016. Optimization of processing conditions via response surface methodology (RSM) of nonwoven flax fibre reinforced acrodur biocomposites. *Procedia Chemistry*. 19:469-476
- Saleh, A., Pakpahan, M. M. D., dan Angelina, N. 2009. Pengaruh Konsentrasi Pelarut, Temperatur dan

- Waktu Pemasakan Pada Pembuatan Pulp dari Sabut Kelapa Muda. *Jurnal Teknik Kimia*. 16(3): 35-44.
- Sutyasmi, S. 2012. Daur Ulang Limbah Shaving Industri Penyamakan Kulit Untuk Kertas Seni. *Majalah Kulit, Karet Dan Plastik* Vol.28 No.2 Desember Tahun 2012 : 113-121
- Maharani D., M., dan Khulafaur R. 2018. Efek Pretreatment Microwave-NaOH Pada Tepung Gedebog Pisang Kepok terhadap Yield Selulosa. *Agritech*, Vol 38 No. 2, 133-139
- Nasution, Z. A. 2010. Pembuatan dan karakterisasi kertas dari limbah jerami padi untuk tatakan gelas cetak tangan. *Jurnal Berita Selulosa*. Vol 45 No. 1, 16-21
- Nikmatin, S., Setyo P., dan Akhirudin M. 2012. Analisis Struktur Selulosa Kulit Rotan Sebagai Filler Bionanokomposit Dengan Difraksi Sinar-X. *Jurnal Sains Materi Indonesia* Vol. 13, No. 2, Februari 2012, hal : 97 – 102
- Setiati, R., Deana W., Septorano S., Taufan M. 2016. Optimasi Pemisahan Lignin Ampas Tebu Dengan Menggunakan Natrium Hidroksida. *Ethos (Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat)* Vol 4, No.2: 257-264
- Simatupang, H, Andi N., Netti H. 2012. Studi isolasi dan rendemen lignin dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS). *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 1, No. 1. 20-24
- Octaviani, M A, Dian R., S., D., Luh J., A. 2017. Optimasi Faktor Yang Berpengaruh Pada Kualitas Lilin Di Ud.X Dengan Metode Response Surface. *Jurnal Ilmiah Widya Teknik* Volume 16 Nomor 1 29-38
- Purwandari D., A., Shahibah Y., dan Nova S., H. 2018. Program Pengabdian Masyarakat: Pengelolaan Hutan Bakau dengan Pendekatan Bank Sampah. *Jurnal Nasioan Terindeks Sebatik* Vol 22 No.2. 147-152
- Wibisono, Ivan, et all. 2011. *Pembuatan Pulp Dari Alang-Alang*. Jurnal Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya. Volume 10. No 1. 11-20.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Dana Hibah Peneliti Pemula (HPP) Universitas Brawijaya berdasarkan Surat Perjanjian Nomor 696./UN10.C10/PM/2019. serta seluruh pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.