

repository.ub.ac.id

**OPTIMASI PROSES *BLEACHING* PADA PROSES
PEMBUATAN KERTAS SENI BERBAHAN BAKU
SERAT PINANG SIRIH (*Areca catechu* L.)
MENGUNAKAN *RESPONSE SURFACE METHOD*
(Kajian Lama Waktu *Bleaching* dan Kadar H₂O₂)**

SKRIPSI

Oleh:

**DENDIS ELFISKA ROYYANI
145100301111043**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Teknologi Pertanian



**JURUSAN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Tugas Akhir : Optimasi Proses *Bleaching* Pada Proses Pembuatan Kertas Seni Berbahan Baku Serat Pinang Sirih (*Areca catechu L.*) Menggunakan *Response Surface Method* (Kajian Lama Waktu *Bleaching* dan Kadar H₂O₂)

Nama Mahasiswa : Dendis Elfiska Royyani
NIM : 145100301111043
Jurusan : Teknologi Industri Pertanian
Fakultas : Teknologi Pertanian

Pembimbing Pertama,

Pembimbing Kedua,

Dr. Ir. Susinggih Wijana, MS
NIP. 19590508 19803 1 004

Ika Atsari Dewi, STP, MP
NIK. 201106 820208 2 001

Tanggal Persetujuan:

Tanggal Persetujuan:

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir : Optimasi Proses *Bleaching* Pada Proses Pembuatan Kertas Seni Berbahan Baku Serat Pinang Sirih (*Areca catechu L.*) Menggunakan *Response Surface Method* (Kajian Lama Waktu *Bleaching* dan Kadar H₂O₂)

Nama Mahasiswa : Dendis Elfiska Royyani
NIM : 145100301111043
Jurusan : Teknologi Industri Pertanian
Fakultas : Teknologi Pertanian

Dosen Penguji I,

Dr. Ir. Sukardi, MS

NIP. 19600626 198601 1 001

Dosen Penguji II,

Dosen Penguji III,

Ika Atsari Dewi, STP, MP

NIK. 201106 820208 2 001

Dr. Ir. Susinggih Wijana, MS

NIP. 19590508 19803 1 004

Ketua Jurusan,

Dr. Sucipto, STP, MP

NIP. 19730602 199903 1 001

Tanggal Lulus TA:

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Blitar pada tanggal 14 September 1995 dari keluarga Bapak Seger dan Ibu Sumarti. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN Bendogerit I Blitar pada tahun 2008, kemudian melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Blitar dengan tahun kelulusan 2011, dan menyelesaikan Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Garum pada tahun 2014. Pada tahun 2018 penulis telah berhasil menyelesaikan pendidikan di Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya Malang.

Selama masa pendidikan, penulis juga mengikuti berbagai kegiatan kepanitiaan. Pengalaman organisasi kemahasiswaan penulis adalah sebagai anggota Bidang Kesejahteraan Mahasiswa HIMATITAN pada tahun 2014/2015. Pekan Keakraban Mahasiswa Jurusan Teknologi Industri Pertanian dan menjabat sebagai anggota divisi perlengkapan pada tahun 2015. Panitia *Agrifun* HIMATITAN dan menjabat sebagai anggota divisi perlengkapan pada tahun 2014. Panitia *sahur on the road* dan menjabat sebagai anggota divisi konsumsi pada tahun 2015.

*Jangan pernah menunda pekerjaan, lakukan apa yang
bisa dilakukan hari ini,
Masa depanmu adalah buah dari keputusanmu,
Use your youth as good as possible,*

Karya ini aku persembahkan kepada kedua Orang
Tuaku, Kakak-kakakku dan Adikku tercinta

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Dendis Elfiska Royyani
NIM : 145100301111043
Jurusan : Teknologi Industri Pertanian
Fakultas : Teknologi Pertanian
Judul Skripsi : Optimasi Proses *Bleaching* Pada
Proses Pembuatan Kertas Seni
Berbahan Baku Serat Pinang Sirih
(*Areca catechu* L.) Menggunakan
Response Surface Method (Kajian
Lama Waktu *Bleaching* dan Kadar
 H_2O_2)

Menyatakan bahwa,

Skripsi dengan judul di atas merupakan karya asli penulis tersebut di atas. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar, saya bersedia dituntut sesuai dengan hukum yang berlaku.

Malang, September 2018
Pembuat pernyataan,

Dendis Elfiska Royyani
NIM.145100301111043

repository.ub.ac.id

Dendis Elfiska Royyani. 145100301111043. Optimasi Proses Bleaching Pada Proses Pembuatan Kertas Seni Berbahan Baku Serat Pinang Sirih (*Areca catechu* L.) Menggunakan Response Surface Method (Kajian Lama Waktu Bleaching dan Kadar H₂O₂). Tugas Akhir. Pembimbing: Dr. Ir. Susinggih Wijana, MS dan Ika Atsari Dewi, STP, MP.

RINGKASAN

Tanaman pinang sirih (*Areca catechu* L.) adalah sejenis palma yang dimanfaatkan untuk tujuan komersial karena memiliki nilai ekonomis yang tinggi pada setiap bagian dari tanaman pinang mulai dari daun, batang, biji dan serabut. Bagian dari tanaman pinang yang belum dimanfaatkan secara maksimal terletak pada serat yang terdapat pada buah tanaman pinang. Serat pinang mengandung selulosa sebesar 53,2%, sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan *pulp* untuk kertas seni. Pada pembuatan kertas seni untuk memperoleh warna yang lebih cerah, diperlukan proses pemutihan untuk menarik perhatian ketika dilihat. Pada saat proses pemutihan faktor yang harus diperhatikan yaitu kadar bahan kimia untuk pemutih dan lama waktu saat proses pemutihan. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui penambahan kadar H₂O₂ dan lama waktu pemasakan *bleaching* yang optimal pada pembuatan kertas dari serat pinang dan kertas kardus bekas untuk menghasilkan kertas seni yang berkualitas dari segi fisik kertas yaitu kuat tarik, tebal kertas, gramatur dan kecerahan.

Metode RSM merupakan kumpulan teknik statistik dan matematis yang digunakan untuk mengembangkan, memperbaiki dan mengoptimalkan proses, dimana respon yang ditentukan dipengaruhi oleh beberapa variabel yang bertujuan untuk mengoptimalkan respon yang telah ditentukan. Metode ini dapat diterapkan pada proses kimia. Model yang digunakan dalam RSM yaitu CCD (*Central Design Composite*) dengan menggunakan 2 faktor perlakuan, yaitu faktor pertama adalah lama waktu *bleaching* (X_1) dan faktor kedua adalah kadar H₂O₂ (X_2). Faktor pertama menggunakan batas atas 90 menit ($X_1=1$) dan batas bawah 150 menit ($X_1=-1$). Faktor kedua menggunakan

batas atas 5% ($X_1=-1$) dan batas bawah 15% ($X_1=1$). Respon yang akan diuji yaitu kuat tarik dan tingkat kecerahan.

Pada kombinasi perlakuan lama waktu *bleaching* dan kadar H_2O_2 didapatkan perlakuan terbaik yaitu lama waktu *bleaching* 150 menit dan kadar H_2O_2 15%. Hasil respon optimal yang didapatkan yaitu tingkat kecerahan 69,50% dan kuat tarik 14,71 kN/m^2 . Hasil uji fisik kertas seni lainnya yaitu gramatur 282 gr/cm^2 , ketebalan 0,88 mm dan kadar air 6,5%.

Kata Kunci: H_2O_2 , Kertas Seni, *Response Surface Method*, Serat Pinang Sirih

repository.ub.ac.id

Dendis Elfiska Royyani. 145100301111043. Optimization of Bleaching Process in Handmade Paper From Areca catechu L. Fiber Production Using Respose Surface Method (Study of Bleaching Time and H₂O₂ Content). Final Assignment. Supervisors: Dr. Ir. Susingih Wijana, MS and Ika Atsari Dewi, STP, MP.

SUMMARY

Betel plant (Areca catechu L.) is a type of palm that is used for commercial purposes because it has high economic value in every part of the areca nut plant starting from leaves, stems, seeds and fibers. Part of the areca nut that has not been used optimally lies in the fiber found in the areca nut. Areca nut contains cellulose of 53.2%, so it has the potential to be used as raw material for pulp making for paper craft. In making paper craft to obtain brighter colors, bleaching process is needed to attract attention when viewed. During the bleaching process the factors that must be considered are the levels of chemicals for bleach and the length of time during the bleaching process. The purpose of this study was to determine the addition of H₂O₂ levels and the length of time for optimal bleaching in the manufacture of paper from areca fibers and used cardboard paper to produce quality paper craft in terms of physical paper, namely tensile strength, paper thickness, grammar and brightness.

Response surface method (RSM) is a collection of statistical and mathematical techniques that are used to develop, improve and optimize the process, where the response is determined to be influenced by several variables that aim to optimize the predetermined response. This method can be applied to chemical processes. The model used in RSM is CCD (Central Design Composite) using 2 treatment factors, namely the first factor is the length of bleaching time (X1) and the second factor is H₂O₂ (X2). The first factor uses an upper limit of 90 minutes (X1 = -1) and a lower limit of 150 minutes (X1 = 1). The second factor uses the upper limit of 5% (X1 = -1) and the lower limit of

15% ($X_1 = 1$). The response to be tested is tensile strength and brightness level.

In the combination treatment of bleaching time and H_2O_2 , the best treatment was 150 minutes and 15% H_2O_2 . The optimal response results obtained are 69.50% brightness and 14.71 kN/m^2 tensile strength. Other physical test results of art paper are 282 gr/cm^2 , 0.88 mm thickness and 6.5% moisture content.

Keywords: Areca Nut Fiber, H_2O_2 , Paper Craft, Response Surface Method



KATA PENGANTAR

Puji Syukur atas segala rahmat dan karunia yang diberikan Tuhan YME sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Tugas akhir ini merupakan bagian dari akademik Jurusan Teknologi Industri Pertanian Universitas Brawijaya yang harus dipenuhi sebelum menempuh ujian sarjana. Dalam pelaksanaan dan penyelesaian tugas akhir ini, tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang bersedia membantu secara langsung maupun tidak langsung. Pada kesempatan ini, penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan seluruh keluarga yang tidak pernah habis memberikan semangat, dukungan dan doa menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Susinggih Wijana, MS dan Ibu Ika Atsari Dewi, STP, MP selaku dosen pembimbing yang telah memberi masukan, arahan, bimbingan dan waktu yang diberikan untuk berdiskusi hingga dapat terselesaikannya tugas akhir.
3. Bapak Dr. Ir. Sukardi, MS. Selaku dosen penguji yang telah memberikan saran-saran dan kritik yang sangat membangun agar tugas akhir ini semakin bermanfaat.
4. Segenap teman – teman kertas seni pinang terima kasih atas bantuannya dalam proses penelitian.
5. Sahabat *Success Woman* dan Irwina Nova Dila yang selalu memberikan semangat dalam penelitian.
6. Dana PNBP Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya berdasarkan Surat Perjanjian Nomor 1937/UN10.F10/PN/2017
7. Semua pihak yang selalu memberikan motivasi dan doa.

Penyusun menyadari bahwa dalam penyelesaian tugas akhir ini masih ada kekurangan. Semoga proposal tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Malang, September 2018
Penyusun,

Dendis Elfiska Royyani

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tanaman Pinang.....	5
2.2 <i>Pulping</i>	6
2.3 Proses Pembuatan Kertas	10
2.4 Natrium Hidroksida (NaOH)	12
2.5 Kertas Kardus Bekas	13
2.6 Pemutihan (<i>Bleaching</i>).....	14
2.7 Kertas Seni	16
2.8 Sifat Fisik Kertas	17
2.9 <i>Response Surface Method</i> (RSM).....	18
2.10 Penelitian Terdahulu	20
2.11 Hipotesis	21
BAB III METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	23
3.2.1 Alat Penelitian	23
3.2.2 Bahan Penelitian	23
3.3 Batasan Masalah	23
3.4 Prosedur Penelitian.....	24

3.5 Rancangan Percobaan	25
3.6 Pelaksanaan Penelitian.....	27
3.7 Pengujian dan Analisis Data	31
3.7.1 Pengujian	31
3.7.2 Analisis Data	33
3.8 Pemilihan Perlakuan Terbaik	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Hasil Uji Tingkat Kecerahan dan Kuat Tarik	35
4.2 Respon Tingkat Kecerahan.....	38
4.3 Respon Nilai Kuat Tarik	44
4.4 Titik Optimum Nilai Kuat Tarik dan Tingkat Kecerahan	49
4.5 Verifikasi Kondisi Optimum Hasil Prediksi Model	50
4.6 Perbandingan Perlakuan Optimum dan Kontrol	53
4.7 Neraca Massa Proses Pembuatan Kertas Berbahan Dasar Serabut Pinang Sirih dan Kertas Kardus Bekas	55
4.8 Perhitungan Kalor	57
4.9 Reaksi Pada Proses Pemutihan (<i>Bleaching</i>).....	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA.....	63
LAMPIRAN.....	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan Kimia Serat Pinang	5
Tabel 2.2 Sifat Fisika Natrium Hidroksida (NaOH)	13
Tabel 2.3 Sifat Fisik Hidrogen Peroksida	16
Tabel 3.1 Rancangan Percobaan.....	26
Tabel 4.1 Hasil Uji Tingkat Kecerahan Dan Kuat Tarik.....	35
Tabel 4.2 Data Respon Nilai Kecerahan	39
Tabel 4.3 Data Respon Kuat Tarik	44
Tabel 4.4 Batasan Optimasi Respon.....	49
Tabel 4.5 Solusi Optimal Hasil <i>Design Expert 7.1.5</i>	49
Tabel 4.6 Hasil Prediksi Solusi Optimum	50
Tabel 4.7 Hasil Prediksi Dan Hasil Verifikasi.....	51
Tabel 4.8 Data Hasil Uji Fisik Kondisi Optimum	52
Tabel 4.9 Perbandingan Kertas Perlakuan Terbaik Dengan Kontrol Kertas <i>Frame Photo</i> Dan Kertas Tanpa <i>Bleaching</i>	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Alir Pembuatan <i>Pulp</i>	7
Gambar 2.2 Struktur Selulosa	8
Gambar 2.3 Struktur Lignin	9
Gambar 2.4 Diagram Alir Pembuatan Kertas Seni	11
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan <i>Pulp</i> Serat Pinang	28
Gambar 3.3 Diagram Alir Pembuatan <i>Pulp</i> Kardus	29
Gambar 3.4 Diagram Alir Pembuatan Kertas Seni	30
Gambar 4.1 Hasil Tingkat Kecerahan Berdasarkan Urutan Terendah Ke Tertinggi.....	36
Gambar 4.2 Hasil Kuat Tarik Berdasarkan Urutan Terendah Ke Tertinggi	36
Gambar 4.3 Pengaruh Kombinasi Perlakuan Terhadap Hasil Uji Tingkat Kecerahan Berdasarkan Kadar H_2O_2 Terendah Ke Tertinggi.....	37
Gambar 4.4 Pengaruh Kombinasi Perlakuan Terhadap Hasil Uji Kuat Tarik Berdasarkan Lama Waktu <i>Bleaching</i> Terendah ke Tertinggi	38
Gambar 4.5 Grafik Bentuk Kontur Pengaruh Lama Waktu <i>Bleaching</i> Dan Kadar H_2O_2 Terhadap Tingkat Kecerahan.....	42
Gambar 4.6 Grafik 3 Dimensi Pengaruh Lama Waktu <i>Bleaching</i> Dan Kadar H_2O_2 Terhadap Tingkat Kecerahan....	42
Gambar 4.7 Grafik Bentuk Kontur Pengaruh Lama Waktu <i>Bleaching</i> Dan Kadar H_2O_2 Terhadap Kuat Tarik.47	
Gambar 4.8 Grafik 3 Dimensi Pengaruh Lama Waktu <i>Bleaching</i> Dan Kadar H_2O_2 Terhadap Kuat Tarik	48
Gambar 4.9 Reaksi Penguraian Lignin Menggunakan H_2O_2	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Analisa Desain Komposit Terpusat Respon Tingkat Kecerahan	73
Lampiran 2.	Analisa Ragam (ANOVA) Reson Tingkat Kecerahan.....	74
Lampiran 3.	Analisa Desain Komposit Terpusat Respon Tingkat Kecerahan	75
Lampiran 4.	Analisa Ragam (ANOVA) Reson Kuat Tarik	76
Lampiran 5.	Optimasi Respon Tingkat Kecerahan dan Kuat Tarik.....	77
Lampiran 6.	Neraca Massa Perlakuan Optimal	78
Lampiran 7.	Dokumentasi Pembuatan Kertas Seni	86
Lampiran 8.	Dokumentasi Kertas Seni Hasil Kombinasi Perlakuan.....	88
Lampiran 9.	Perbandingan Kertas Perlakuan Terbaik Dengan Kontrol	93
Lampiran 10.	Perhitungan Kalor Proses Delignifikasi.....	94
Lampiran 11.	Perhitungan Kalor Proses <i>Bleaching</i>	96

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman pinang sirih (*Areca catechu* L.) adalah sejenis palma yang dimanfaatkan untuk tujuan komersial karena memiliki nilai ekonomis yang tinggi pada setiap bagian dari tanaman pinang mulai dari daun, batang, biji dan serabut (Sulastris, 2009). Produksi tanaman pinang di Indonesia pada tahun 2014 mencapai 42.201 ton. Produksi buah pinang terbesar berada di Sumatera yaitu 32.640 ton. Selain di Sumatera, tanaman pinang juga banyak terdapat di Nusa Tenggara dengan produksi 7.207 ton. Persebaran tanaman pinang di Jawa Timur yaitu 872 ha dengan produksi 203 ton (Kementerian Pertanian Republik Indonesia, 2014).

Selama ini pemanfaatan tanaman pinang kurang maksimal hanya sebatas pada biji dan daun, sedangkan pada serat belum dimanfaatkan secara maksimal. Menurut Kementerian Perdagangan Republik Indonesia tahun 2017, pada tahun 2016 Indonesia berhasil mengekspor biji pinang kering sebesar 219.127 ton. Ekspor biji pinang yang besar mengakibatkan meningkatnya limbah serat buah pinang setiap tahunnya. Kandungan kimia serat pinang menurut Rembet (2018), yaitu selulosa sebesar 45,7% dan lignin sebesar 15,9%. Selulosa yang terkandung pada serabut pinang memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan *pulp* dan kertas seni.

Kertas seni merupakan kerajinan tangan yang memanfaatkan serat tanaman yang memiliki kandungan selulosa tinggi (Mandegani *et al.*, 2016). Menurut Firlan (2011) produk kertas seni potensial yaitu *frame photo*, meskipun produk tersebut merupakan produk lama namun sampai sekarang produk tersebut masih memiliki banyak peminat. Kertas seni di pasaran memiliki indeks sobek 3,80 mN.m²/g, indeks jebol 0,60 kPa.m²/g dan indeks tarik 10 Nm/g (Mandegani *et al.*, 2016). Pada pembuatan kertas seni berbahan serat pinang perlu adanya bahan pengisi (*filler*) untuk menghasilkan kertas seni berkualitas. Bahan pengisi yang digunakan yaitu kertas kardus bekas.

Konsumsi kertas kardus bekas pada tahun 2010 mencapai 6,5 juta ton per tahun, sehingga meningkat pula sampah kertas kardus bekas (Kementerian Perindustrian, 2012). Kertas kardus bekas dipilih sebagai bahan pengisi karena untuk mengurangi limbah kardus serta kardus mudah didapatkan. Ibrahim (2003) meneliti proporsi pembuatan kertas berbahan baku tandan kosong kelapa sawit dan kertas kardus bekas. Hasil kuat tarik dan kecerahan tertinggi yaitu pada proporsi 50 : 50 yaitu sebesar 37,40 Nm/g dan 32,71%. Sheikhi *et al* (2013) meneliti pembuatan kertas berbahan baku ampas tebu dan kertas kardus bekas. Hasil kuat tarik tertinggi yaitu pada proporsi 50:50 yaitu sebesar 6,46 mN.m²/g.

Pada pembuatan kertas seni berbahan baku serat pinang sirih dan kertas kardus bekas warna coklat kardus akan menutupi kenampakan serat pinang, sehingga diperlukan proses pemutihan. Proses pemutihan (*bleaching*) bertujuan untuk menghilangkan sisa lignin yang tertinggal pada *pulp*. Bahan kimia yang digunakan yaitu hidrogen peroksida (H₂O₂). Pemilihan penggunaan hidrogen peroksida karena menghasilkan produk yang putih bersih dan tidak merusak selulosa (Jayanudin, 2009). Pada saat proses pemutihan faktor yang harus diperhatikan yaitu kadar bahan kimia untuk pemutih dan lama waktu pemasakan (Tutus, 2009).

Moeksin *et al.* (2009) meneliti pengaruh pemutihan terhadap lembaran *pulp* dari ampas tebu dengan kadar lignin sebesar 10,7. Pada H₂O₂ konsentrasi 10% dengan lama pemasakan 120 menit didapatkan derajat putih lembaran ampas tebu sebesar 70,48%. Riama *et al.* (2012) meneliti pengaruh pemutihan lembaran *pulp* dari serat mahkota nanas dengan kadar lignin 5%. Hasil derajat putih lembaran serat mahkota nanas pada H₂O₂ 10% dengan lama pemasakan 120 menit yaitu 82,40%. Lestari dan Sari (2016) meneliti pengaruh pemutihan pemutihan terhadap *pulp* dari eceng gondok dengan kadar lignin 7%. Pemutih *pulp* menggunakan bahan H₂O₂ konsentrasi 10% dengan waktu pemasakan 120 menit. Hasil derajat putih yaitu 62,45%. Konsentrasi H₂O₂ dan waktu pemutihan pada penelitian terdahulu digunakan sebagai titik tengah untuk memperoleh

derajat putih kertas seni dan ketahanan tarik yang optimal dengan menggunakan *response surface method*.

Penggunaan *response surface method* (RSM) telah dikembangkan untuk analisis teknik yang melibatkan pelaksanaan kode analisis pada komputer. Menurut Kaymaz dan McMahon (2005) keuntungan penggunaan *response surface method* (RSM) yaitu meringankan dalam pengoperasian analisis berbasis komputasi dan lebih praktis dan tidak banyak prosedur analisisnya sehingga lebih cepat dan tepat. Metode optimasi RSM cocok digunakan dalam pembuatan kertas seni lama waktu *bleaching* dan konsentrasi hidrogen peroksida yang optimal untuk mendapatkan kertas seni dengan kualitas terbaik.

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapakah penambahan kadar H_2O_2 dan lama waktu pemasakan *bleaching* yang optimal pada pembuatan kertas dari serat pinang dan kertas kardus bekas untuk menghasilkan kertas seni yang berkualitas dari segi fisik kertas yaitu kuat tarik, tebal kertas, gramatur dan kecerahan?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui penambahan kadar H_2O_2 dan lama waktu pemasakan *bleaching* yang optimal pada pembuatan kertas dari serat pinang dan kertas kardus bekas untuk menghasilkan kertas seni yang berkualitas dari segi fisik kertas yaitu kuat tarik, tebal kertas, gramatur dan kecerahan.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi tentang pemutihan kertas seni yang optimal sehingga mampu menghasilkan lembaran kertas seni berbahan dasar serat pinang dan kertas kardus bekas yang berkualitas dari segi kuat tarik, tebal kertas, gramatur dan kecerahan.
2. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi kepada pengrajin kertas seni tentang penambahan

kadar H_2O_2 dan lama waktu pemasakan *bleaching* pada pembuatan kertas seni berbahan dasar serat pinang dan kertas kardus bekas yang berkualitas dari segi kuat tarik, tebal kertas, gramatur dan kecerahan.

3. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan keuntungan finansial terhadap petani buah pinang dengan membeli buah pinang yang sudah dipanen serta memberi keuntungan karena mengurangi kertas kardus bekas.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Pinang

Tanaman pinang (*Areca catechu*) merupakan tanaman tropis sejenis pohon palem yang tumbuh di daerah India, Malaysia, Taiwan, Indonesia dan negara Asia lainnya. Tanaman ini memiliki tinggi 20 meter dengan diameter batang 20-30 cm dan memiliki daun sepanjang 1,5-2 meter (Jaiswal *et al.*, 2011). Tanaman pinang dapat dikatakan sebagai tanaman serbaguna karena setiap bagian dari tanaman ini memiliki manfaat. Daun dapat dimanfaatkan untuk diambil minyak atsiri, biji buahnya dimanfaatkan sebagai obat dan penyamak industri kulit karena mengandung tannin dan alkaloid, batang dimanfaatkan sebagai bahan bangunan dan serabut dimanfaatkan sebagai obat gangguan pencernaan, sembelit, aderma dan beri-beri, dan (Sulastri, 2009).

Tabel 2.1. Kandungan kimia serat pinang

Komposisi	Jumlah (%)
α – selulosa	53,20
Hemiselulosa	32,98
Lignin	7,20
Lemak dan lilin	0,64
Abu	1,05
Lain-lain	3,12

Sumber: Yusriah *et al.*, 2012

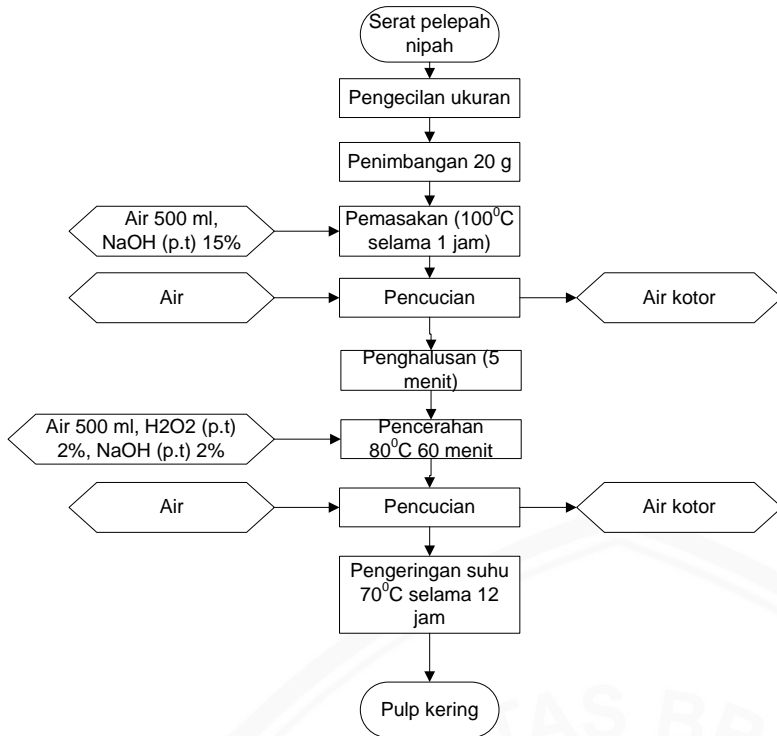
Bagian penting dari buah pinang yaitu karbohidrat, lemak, polifenol termasuk flavonoid dan tannin, alkaloid, mineral dan serat. Serat pinang merupakan serat yang potensial karena ketersediaan yang berlimpah, memiliki harga yang terjangkau dibandingkan dengan harga serat penguat alami lainnya. Permukaan serat pinang yang bagus dan tidak terlalu kasar akan membantu dalam mencapai ikatan yang maksimal antara serat dengan matriks yang akan menyebabkan daya tarik yang tinggi. Serat pinang memiliki ukuran panjang 30-60 mm (Desai *et al.*, 2016). Serat yang terkandung pada buah pinang sebesar

60% - 80% dari berat total buah. Pada setiap satu buah pinang dapat menghasilkan sekitar 2,5 g – 2,75 g serat (Yusriah *et al.*, 2012). Kandungan kimia yang terkandung pada serat pinang dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

2.2 Pulping

Proses *pulping* merupakan proses yang bertujuan untuk mendegradasi lignin agar *pulp* yang dihasilkan menghasilkan holoselulosa sebanyak-banyaknya. Komponen kayu yang tidak terdegradasi pada saat proses *pulping* disebut rendemen. Perbedaan rendemen yang dihasilkan pada berbagai jenis bahan baku ini disebabkan oleh perbedaan komponene kimianya terutama holoselulosa dan lignin serta reaksi pada saat proses *pulping*. Semakin tinggi holoselulosa yang tidak terdegradasi maka semakin tinggi pula rendemen yang dihasilkan (Daud *et al.*, 2012). Proses *pulping* dapat dilakukan dengan metode organosolv dengan alat pemasak digester, metode ini sering dilakukan pada jenis kayu lunak. Bahan pemasak yang digunakan adalah pelarut organik methanol dan NaOH (Mulyawan *et al.*, 2015).

Pada proses *pulping* menggunakan pelarut NaOH, semakin besar konsetrasi NaOH yang digunakan maka semakin banyak pula lignin yang terdegradasi. Lignin yang terdegradasi akan bereaksi dengan larutan pemasak, sehingga akan menyebabkan warna *pulp* menjadi gelap dan memerlukan proses *bleaching* untuk menghilangkan kandungan lignin pada *pulp* agar *pulp* memiliki kecerahan yang optimal (Sugiarto, 2013). *Pulp* dapat dibuat dari bahan baku yang mengandung selulosa tinggi. Bahan dasar pembuatan *pulp* adalah selulosa dalam bentuk serat dan hampir semua tumbuhan yang mengandung selulosa dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan *pulp*. Pada saat proses *pulp*, lignin akan terdegradasi oleh larutan pemasak menjadi molekul yang lebih kecil yang dapat larut dalam lindi hitam (Bahri, 2015). Diagram alir pembuatan *pulp* dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



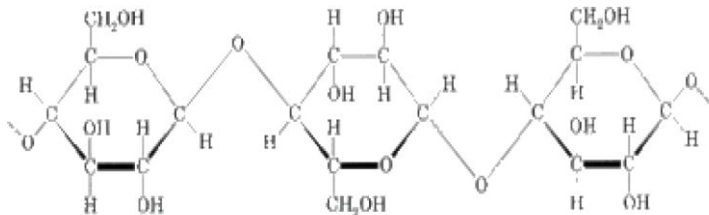
Gambar 2.1. Diagram Alir Pembuatan *Pulp*

Pulp adalah bubur kertas yang digunakan untuk pembuatan kertas. Serat-serat dari kayu atau non kayu yang diproses dengan cara melarutkan lignin akan menghasilkan *pulp*. Komponen utama pada *pulp* yaitu (Putra, 2008):

a. Selulosa

Selulosa adalah komponen utama dari kayu dan merupakan polisakarida linier dengan rantai yang cukup panjang yang terdiri dari glukosa-glukosa yang kemudian berhubungan satu sama lain. Selulosa merupakan komponen kayu terbesar yang dalam kayu lunak dan kayu keras jumlahnya mencapai hampir setengahnya. Selulosa digunakan sebagai bahan dasar dari banyak produk teknologi dan karena itu diisolasi terutama dari

kayu dengan proses pembuatan *pulp* dalam skala besar (Putra, 2008). Selulosa memiliki bentuk rantai linier dengan ikatan β -1,4 glikosidik. Rantai linier yang terkandung pada selulosa menjadikan selulosa tidak mudah larut dan bersifat kristalin. Selulosa tidak mudah terdegradasi secara kimia maupun mekanis (Mandegani *et al.*, 2016). Struktur selulosa dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2 Struktur Selulosa

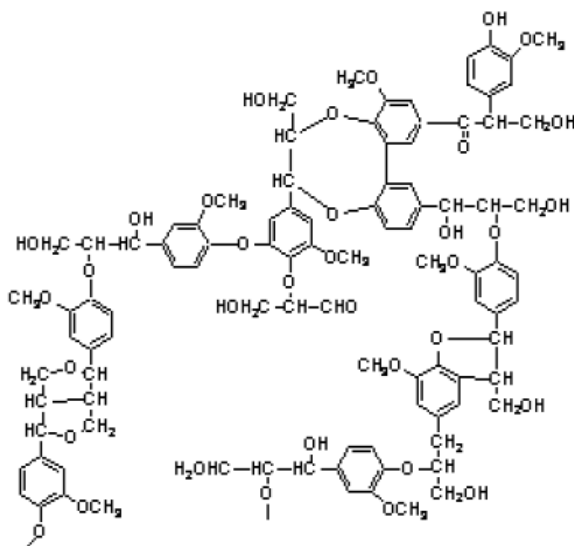
b. Hemiselulosa

Hemiselulosa adalah polimer yang baik dibentuk dari monosakarida. Hemiselulosa mempunyai lima jenis polimer yang berkadar monosakarida berbeda yaitu: glukosa, galaktosa, sitosa dan arabinose. Jenis kayu yang berbeda mempunyai komposisi hemiselulosa yang berbeda. Kayu keras lebih banyak mengandung silosa, sedangkan kayu lunak lebih banyak mengandung glukosa. Kadar hemiselulosa dalam *pulp* jauh lebih kecil dibandingkan dengan serat asal, karena selama pemasakan hemiselulosa bereaksi dengan bahan pemasak dan lebih mudah terlarut daripada selulosa (Putra, 2008). Hemiselulosa menyusun $\frac{1}{2}$ tumbuhan tahunan dan sekitar $\frac{1}{3}$ tumbuhan semusim. Hemiselulosa mengandung dua atau lebih monosakarida berlainan. Hemiselulosa mudah diekstraksi dari serat-serat dan kayu dengan larutan alkali (Bahri, 2015). Hemiselulosa memiliki sifat yang mudah mengembang

jika terkena air. Selain itu, sifat yang lain yaitu dapat memperkuat ikatan serat dan memperbesar daya tahan sobek kertas (Paskawati *et al.*, 2010).

c. Lignin

Lignin merupakan polimer yang kompleks yang tersusun dari unit-unit *phenylpropana*, amorf, bersifat aromatis dengan *density* 1,3 dengan indeks bias 1,6. Berat molekul 1500-2000 yang bervariasi dengan jenis kayu. Kadar lignin dalam kayu 20% - 30%. Lignin merupakan bagian yang tidak diinginkan dalam *pulp*, karena lignin mempunyai sifat menolak air dan kaku sehingga kandungan lignin dalam *pulp* akan menyulitkan penggilingan serta akan menyebabkan kertas berwarna coklat (Putra, 2008). Lignin memiliki peran membentuk lapisan diantara serat yang berfungsi sebagai pengikat antar serat selulosa dalam kayu maupun non kayu. Polimer lignin dalam tumbuhan sukar ditentukan karena strukturnya yang acak (Paskawati *et al.*, 2010). Struktur lignin dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Struktur Lignin

2.3 Proses Pembuatan Kertas

Proses pembuatan kertas seni dari kertas bekas terdiri dari 5 tahapan yang dilaksanakan paralel dan bertahap yaitu (Sari dan Fitriasari, 2016):

a. Pemasakan soda panas terbuka

Pada pembuatan kertas seni, serat tanaman dipotong berukuran 10 cm dimasak dengan larutan NaOH 10% selama 2 jam pada suhu 100°C untuk menurunkan kadar ligninnya. Pelarutan lignin ini dapat memfasilitasi diperolehnya *pulp* dengan kadar selulosa yang tinggi. Rasio antara serat tanaman dan air adalah 1 : 10. Setelah proses pemasakan selesai, dilakukan pemisahan *pulp* serat tanaman dengan lindi hitam melalui proses pencucian dengan air mengalir.

b. Pembuatan bubur kertas kardus bekas

Lembaran kertas kardus bekas dicacah menggunakan mesin pencacah. Lalu cacahan kertas tersebut selanjutnya direndam air dalam bak selama 24 jam untuk melunakkan kertas kardus untuk memudahkan proses penggilingan.

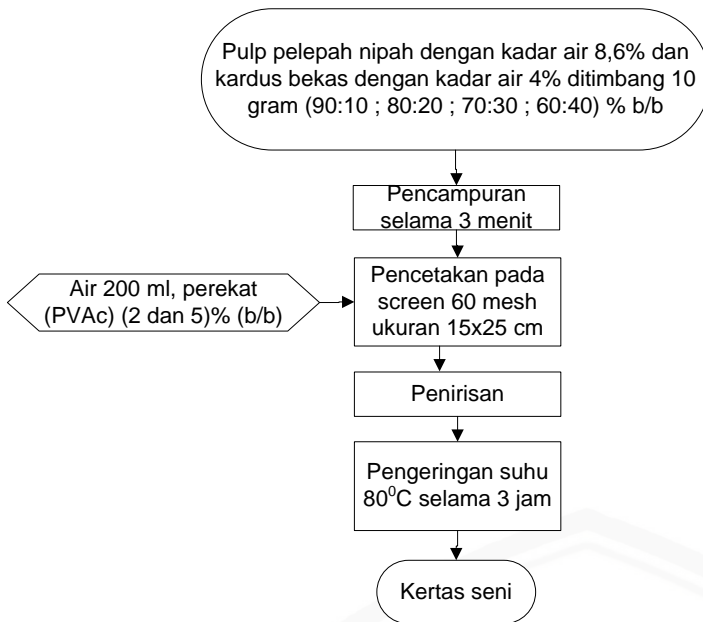
c. Penggilingan

Cacahan kertas yang telah lunak dicampurkan dengan *pulp* serat tanaman dengan perbandingan campuran kertas kardus bekas dan serat tanaman 2:1 atau 1:1 (kg berat basah). Campuran tersebut ditambahkan air hingga terendam. Penggilingan ini penting karena untuk pembentukan serat tunggal dan meningkatkan derajat kehalusan serat.

d. Pencetakan lembaran kertas seni

Pulp yang telah dicampur dipindahkan ke bak yang berisi air dengan perbandingan 1 : 5 L (*pulp* : air). Proses pencetakan dengan teknik penyablonan dengan *screen* ukuran kertas A2, *screen* tersebut diletakkan dalam suspense dan diangkat kemudian disablon pada meja yang telah diletakkan miring. Lembaran kertas basah pada *screen* tersebut dipindahkan pada lembaran triplek dan dikeringkan dengan panas matahari.

Diagram alir pembuatan kertas seni menurut Sugiarto (2013) dapat dilihat pada. **Gambar 2.4.**



Gambar 2.4. Diagram Alir Pembuatan Kertas Seni

Menurut Prasetyawati (2015) proses pembuatan kertas seni diawali dengan pencucian bahan baku, pemotongan bahan baku dengan ukuran tertentu serta pengeringan bahan baku. Pencucian berfungsi untuk membersihkan kotoran yang menempel pada kulit bahan baku. Pemotongan berfungsi untuk mempermudah pada saat proses pemasakan. Pengeringan bahan baku berfungsi untuk mengurangi kadar air yang terkandung pada bahan baku. Pemasakan dilakukan dengan menggunakan larutan NaOH 10% sebanyak 1000 ml selama 60 menit. Kemudian dicuci dengan air mengalir. Lalu dilakukan pembレンダーan untuk menghasilkan *pulp* lalu proses pencetakan dan pengeringan di bawah sinar matahari. Sedangkan proses pembuatan kertas seni menurut Mandegani *et al.* (2016) yaitu:

1. Persiapan bahan baku

Mempersiapkan bahan baku yang akan dibuat mejadi kertas seni. Bahan baku yang digunakan berasal dari campuran serat tanaman dan limbah lainnya. Bahan baku yang sudah

repository.ub.ac.id

disiapkan dipotong dengan ukuran 2-3 cm untuk mempermudah dalam pemrosesan selanjutnya.

2. Perebusan

Masing-masing bahan baku direbus dengan larutan kaustik dengan ditambah air secukupnya. Perebusan dilakukan selama 90 menit dengan suhu 100°C sampai bahan baku melunak.

3. Pencucian

Setelah masing-masing bahan baku lunak, perebusan dihentikan dan bahan baku dicuci dengan air sampai larutan kaustik yang menempel pada bahan hilang.

4. Penghalusan

Bahan baku yang bersih dari larutan kaustik lalu di giling hingga halus selama 15 menit. Penghalusan bertujuan untuk membuat *pulp* yang digunakan untuk membuat kertas seni. Kemudian *pulp* yang sudah jadi dikeringkan.

5. Penimbangan

Penimbangan dilakukan setelah *pulp* dikeringkan dengan tujuan untuk memperoleh kombinasi berat kertas yang diinginkan. Kemudian *pulp* direndam dalam air.

6. Pencetakan kertas seni dan penjemuran

Pulp dengan variasi berat kemudian dicetak menjadi kertas lembaran dan dikeringkan dibawah sinar matahari.

2.4 Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium hidroksida (NaOH) adalah jenis basa kaustik yang terbentuk dari oksida basa NaOH yang dilarutkan dalam air dan membentuk larutan alkali. Fungsi NaOH dalam pembuatan kertas untuk mendegradasi lignin dari serat selulosa sehingga terurai menjadi bubuk (Wiratmaja *et al.*, 2011). Sifat fisika natrium hidroksida dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

Aplikasi NaOH pada pembuatan kertas seni yaitu untuk melarutkan lignin pada saat proses pemasakan untuk proses pulping sehingga mempercepat proses pemisahan lignin dan pemutusan serat (Sucipto *et al.*, 2009). Pemakaian konsentrasi NaOH yang terlalu banyak akan menyebabkan selulosa terdegradasi. Konsentrasi NaOH yang sesuai untuk pemasakan yaitu antara 15%-20%. Keunggulan pemakaian NaOH yaitu

cocok untuk semua jenis bahan serat, kekuatan lembaran kertas yang tinggi dan proses delignifikasi yang cepat dengan degradasi selulosa yang kecil (Asngad *et al.*, 2016).

Tabel 2.2. Sifat fisik natrium hidroksida (NaOH)

Sifat fisik	Nilai
Berat molekul	39,998 mol/gr
Spesifik gravitasi	2,130
Titik leleh	318 °C
Titik didih	1390 °C
Titik beku	14 °C
Kelarutan pada 20 °C, gr/100 gr air	299,6
Tekanan uap air @739 °C	0,13 kPa
pH (1% larutan aqueous)	12,7

Sumber: Saleh *et al.*, 2009

2.5 Kertas Kardus Bekas

Kardus merupakan bahan dasar kemasan yang memiliki siklus hidup yang singkat, memiliki nilai harga hanya pada saat proses distribusi sebuah produk dari produsen ke konsumen. Kertas kardus saat ini dipandang sebagai kebutuhan sekunder pada suatu proses produksi sebuah industri. Bahan baku pembuatan kardus berasal dari limbah industri kayu (Willy dan Yahya, 2001). Kertas kardus yang digunakan untuk proses distribusi harus memiliki kekuatan yang tinggi, sehingga diperlukan komponen serat bahan baku pembuatan kardus dengan serat yang kuat. Bahan baku pembuatan kertas kardus yang sesuai harus berasal dari kertas daur ulang dan serat yang kuat serta pulp yang sesuai agar menghasilkan kertas kardus yang berkualitas (Adamopoulos *et al.*, 2007).

Perkembangan produksi kertas kardus di Indonesia pada tahun 2010 mencapai 2 juta ton dan semakin meningkat setiap tahunnya. Kertas kardus hasil proses produksi yang sudah tidak digunakan akan menjadi kertas kardus bekas yang terbuang. Konsumsi kertas kardus bekas pada tahun 2010 mencapai 6,5 juta ton per tahun (Kementerian Perindustrian, 2012). Kertas kardus bekas proses distribusi kurang memiliki nilai sehingga

hanya terbuang tanpa ada pemanfaatan lebih lanjut. Kurangnya pemanfaatan menjadikan kertas kardus bekas sangat mudah dijumpai dan mudah untuk dikumpulkan. Penumpukan kertas kardus bekas yang banyak maka muncul ide pemanfaatan kertas kardus bekas untuk bahan pengisi kertas seni yang dicampur dengan serat tanaman yang kurang dimanfaatkan (Masriani dan Nurachman, 2012).

2.6 Pemutihan (*Bleaching*)

Pemutihan merupakan proses menghilangkan warna yang terkandung pada serat akibat masih adanya lignin pada *pulp* dengan bantuan bahan kimia. Namun pada proses pemutihan tidak dapat sepenuhnya melarutkan lignin sehingga pada *pulp* masih tersisa lignin yang akan mempengaruhi kertas yang dihasilkan (Riama *et al.*, 2012). Proses pemutihan dapat meningkatkan derajat putih pada *pulp* dan kertas yang dihasilkan. Selain itu juga untuk meningkatkan kebersihan *pulp* dengan cara menghilangkan ekstraktif-ekstraktif dan zat-zat yang menyebabkan pulp menjadi kotor yang meliputi kotoran-kotoran anorganik dan sisa kulit (Coniwati *et al.*, 2015). Reaksi pada proses pemutihan yaitu (Coniwati *et al.*, 2015):

a. Reaksi Elektrofilik

Reaksi elektrofilik merupakan reaksi tahap awal pada proses pemutihan untuk mendegradasi sisa lignin yang ada di dalam *pulp*. Reaksi ini diawali dengan pembentukan ion-ion radikal.

b. Reaksi Nukleofilik

Reaksi nukleofilik merupakan reaksi elektrofilik pelengkap mendegradasi sisa lignin, menghilangkan warna *pulp* tanpa merusak lignin di dalam proses pemutihan yang menahan lignin. Reaksi pada proses pemutihan (Li *et al.*, 2011):



Proses pemutihan tidak hanya membuat *pulp* menjadi lebih putih, namun juga dapat membuat warna tetap stabil tidak menguning atau kehilangan kekuatan selama masa

penyimpanan (Septiningrum dan Apriana, 2011). Proses pemutihan serat menggunakan bahan kimia yang dapat melarutkan kandungan lignin yang terdapat pada serat agar diperoleh derajat putih yang tinggi. Penggunaan bahan kimia pemutih harus ramah lingkungan agar tidak terjadi pencemaran lingkungan. Bahan kimia yang digunakan yaitu hidrogen peroksida (H_2O_2). Hidrogen peroksida merupakan cairan yang tidak berwarna, sedikit kental dan mudah bercampur dengan air. Hidrogen peroksida bersifat asam yang sangat lemah dan oksidator yang kuat. Hidrogen peroksida memiliki suhu optimum $80-85^{\circ}C$ (Coniwati *et al.*, 2015). Hidrogen peroksida digunakan sebagai bahan pemutih ramah lingkungan yang digunakan untuk memutihkan *pulp*. Berbagai zat pengotor yang ada pada bahan akan dihilangkan dengan menambahkan zat pemutih hidrogen peroksida (Halim dan Deyab, 2013). Faktor-faktor yang mempengaruhi pemutihan yaitu (Tutus, 2004):

- a. Konsentrasi
Proses pemutihan akan maksimal dengan menambah konsentrasi bahan pemutih. Konsentrasi hidrogen peroksida yang digunakan pada proses pemutihan antara 1% hingga 10%.
- b. Waktu reaksi
Waktu reaksi yang panjang akan merekatifkan bahan kimia pemutih terhadap serat, namun apabila waktu yang terlalu lama akan merusak selulosa yang terkandung pada serat.
- c. Suhu
Suhu yang semakin meningkat akan meningkatkan kecepatan reaksi pemutihan. Suhu pemutihan yang digunakan yaitu antara $40-100^{\circ}C$.
- d. Rasio bahan dan zat *bleaching*
Perbandingan rasio bahan yang semakin kecil dengan zat pemutih akan meningkatkan reaksi pemutihan. Rasio pada proses pemutihan berkisar antara 8:1 hingga 20:1.

Hidrogen peroksida mampu melepaskan oksigen yang kuat dan larut dalam air. Keuntungan pemakaian larutan hidrogen peroksida yaitu tidak menghasilkan endapan atau

residu, menghasilkan warna putih yang bersih, bahan yang diputihkan tidak mengalami kerusakan dan bahan pemutih yang ramah lingkungan (Riama *et al.*, 2012). Hidrogen peroksida memiliki dampak yang minimal pada lingkungan sehingga larutan ini banyak digunakan pada industri *pulp* dan kertas dan pulp daur ulang (Hu *et al.*, 2012). Sifat fisik hidrogen peroksida dapat dilihat pada **Tabel 2.3**.

Tabel 2.3 Sifat fisik hidrogen peroksida

Sifat Fisik	Nilai
Berat molar	34,0147 g/mol
Densitas	4 g/cm ³ (cair)
Titik cair	-11 ^o C (262,15 K)
Titik didih	150,2 ^o C (423,35 K)
Keasaman	11,65 pKa
Viskositas	1,245 cP

Sumber: Hu *et al.*, 2012

2.7 Kertas Seni

Kertas seni merupakan kerajinan tangan yang tersusun menjadi lembaran yang memanfaatkan berbagai macam tanaman berserat dan limbah-limbah yang memiliki serat seperti kertas kardus, kertas HVS, dan kertas koran. Kedua jenis bahan tersebut yang apabila disatukan dalam bentuk lembaran kertas akan memiliki kekuatan. Kertas seni memiliki kualitas fisik yang berbeda dengan kertas komersil lainnya karena pada kertas seni juga memperhitungkan keindahan yang ditampilkan oleh serat-serat (Mandegani *et al.*, 2016). Kertas seni memiliki peminat yang tergolong banyak pada pasar dalam negeri dan luar negeri. Pada umumnya kertas seni dibuat secara manual dengan menggunakan tangan dengan desain dan bentuk yang unik dan menarik (Sutyasmi, 2012).

Kerajinan tangan yang dapat dibuat dari kertas seni yaitu tempat tisu, kartu undangan, perhiasan dan pigura. Pada pembuatan kertas seni memilih bahan baku dari limbah hasil pertanian yang mengandung selulosa (Zulfa, 2016). Pulp yang dihasilkan dari bahan baku akan memberikan warna pada kertas seni, sehingga apabila membuat kertas seni dari bahan

baku yang berbeda akan menghasilkan warna kertas seni yang berbeda. Kualitas pada kertas seni tergantung pada kesukaan dan selera konsumen (Purnavita *et al.*, 2017). Menurut Firlan (2011) produk kertas seni potensial yaitu *frame photo*, meskipun produk tersebut merupakan produk lama namun sampai sekarang produk tersebut masih memiliki banyak peminat.

2.8 Sifat Fisik Kertas

Pengujian terhadap kualitas kertas perlu dilakukan untuk menentukan jenis kertas yang dihasilkan serta kegunaan kertas yang dihasilkan. Parameter-parameter terhadap kualitas kertas ada pada sifat fisik kertas. Sifat fisik kertas yang mendasar meliputi ketahanan tarik, kuat tekan, ketebalan kertas dan kecerahan.

a. Ketahanan Tarik

Ketahanan tarik adalah daya tahan maksimum per satuan lebar jalur uji lembaran pulp, kertas atau karton terhadap gaya tarik yang bekerja pada kedua ujung jalur uji tersebut sampai putus dan dinyatakan dalam satuan gaya per satuan lebar uji serta diukur pada kondisi standar (Syamsu *et al.*, 2014). Penjelasan lain ketahanan tarik yaitu gaya maksimum yang dapat ditahan oleh kertas dengan ukuran panjang dan lebar tertentu sesuai dengan alat yang digunakan. Ketahanan tarik kertas dipengaruhi oleh ukuran serat yang terkandung pada kertas, ukuran serat yang pendek memiliki daya ikat yang lebih tinggi dibandingkan dengan ukuran serat yang panjang (Purnawan *et al.*, 2012).

b. Ketebalan Kertas

Ketebalan kertas merupakan jarak antara permukaan sisi atas dan sisi bawah kertas. Semakin besar gramatur kertas, semakin besar pula ketebalan kertas tersebut (Kurniawan *et al.*, 2017). Penjelasan lain ketebalan kertas yaitu jarak tegak lurus antara kedua permukaan kertas atau karton, diukur pada kondisi standar (Ayunda *et al.*, 2014). Kuat tekan material dihitung dengan beban per satuan luas bidang tekan dengan rumus (Hunggurani *et al.*, 2015):

$$Fc = \frac{P}{b \cdot h}$$

Keterangan:

F_c adalah kuat tekan

P adalah beban uji maksimum, N

b adalah lebar benda uji, mm

h adalah tinggi benda uji, mm

c. Gramatur

Gramatur merupakan massa kertas dari satuan luas tertentu. Gramatur kertas yang berbeda-beda disebabkan karena pada proses pencetakan kertas yang masih manual sehingga sulit untuk mendapatkan gramatur kertas yang seragam. Berbeda dengan kertas yang proses pencetakannya sudah pada skala industri yang sudah menggunakan peralatan canggih sehingga didapatkan gramatur kertas yang seragam (Yosephine *et al.*, 2012). Gramatur menunjukkan bobot kertas per satuan luas. Penentuan gramatur pada kertas berguna untuk menentukan kekuatan fisik pada kertas. Penyebab gramatur yang dihasilkan tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan karena penyebaran serat yang tidak merata sehingga jumlah serat tiap sisi tidak sama (Umar, 2013).

d. Kecerahan

Derajat kecerahan adalah sebutan untuk mendefinisikan persepsi visual yang berkenaan dengan tinggi rendahnya intensitas pantulan cahaya pada suatu area objek (Diem, 2013). Definisi lain derajat kecerahan yaitu perbandingan intensitas cahaya biru pada panjang gelombang 457 nm yang dipantulkan oleh permukaan lembaran kertas dengan intensitas cahaya sejenis yang dipantulkan oleh permukaan lapisan magnesium oksida pada kondisi standar (sudut 45^0 dan sudut pantul 0^0) (Apriani dan Zulfahmi, 2017). Kecerahan pada kertas dapat dibantu dengan penambahan bahan kimia H_2O_2 yang akan mendegradasi lignin yang masih terkandung pada *pulp*.

2.9 Response Surface Method (RSM)

Response surface method (RSM) adalah metode yang banyak digunakan untuk pengoptimalan dalam beberapa tahun terakhir. Metode RSM merupakan kumpulan teknik statistik dan matematis yang digunakan untuk mengembangkan,

memperbaiki dan mengoptimalkan proses, dimana respon yang ditentukan dipengaruhi oleh beberapa variabel yang bertujuan untuk mengoptimalkan respon yang telah ditentukan. Metode ini dapat diterapkan pada proses kimia dan biokimia (Bas dan Boyaci, 2007). Awal mula penggunaan metode RSM yaitu untuk menemukan titik optimal dari variabel dan respon yang telah ditentukan. Metode ini pertama kali dikembangkan untuk mewakili hubungan antara input dan output suatu penelitian dengan ekspresi matematis sederhana (Gupta dan Manohar, 2004).

Tujuan utama metode RSM yaitu untuk mendapatkan respon yang optimum, apabila memiliki respon lebih dari satu maka harus menemukan titik optimal yang tidak hanya pada satu respon (Morshedi dan Akbarian, 2014). Metode RSM memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan metode penelitian atau metode pengoptimalan lainnya yaitu pada metode ini satu variabel dapat digunakan pada waktu yang bersamaan. RSM memberikan banyak informasi karena dapat digunakan untuk memantau interaksi antara variabel dan respon pada setiap percobaan (Wani *et al*, 2012). Keunggulan lain menurut Kaymaz dan McMahon (2005) yaitu meringankan dalam pengoperasian analisis berbasis komputasi dan lebih praktis dan tidak banyak prosedur analisisnya sehingga lebih cepat dan tepat. Model pada RSM yang digunakan untuk pengoptimalan suatu kondisi yaitu CCD (*Central Composite Design*).

CCD (*Central Composite Design*) adalah desain yang efektif dan ideal untuk penelitian sekuensial dan memungkinkan banyak informasi diperoleh untuk menguji kecocokan meski tidak melibatkan titik desain yang banyak. *Central Composite Design* pertama kali dikenalkan oleh Box dan Wilson pada tahun 1951 untuk persamaan kuadrat pada proses pengoptimalan. Hasil percobaan dari *Central Composite Design* dianalisis menggunakan *Design Expert*. Data hasil penelitian dari CCD dapat diwakili dalam bentuk persamaan:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n b_{ij} x_i x_j + e_i \dots \dots \dots 1)$$

Dimana Y adalah respon yang diprediksi, n adalah jumlah faktor, x_i dan x_j adalah variable kode untuk variabel independen, b_0 adalah istilah offset, b_i , b_{ii} , dan b_{ij} adalah pengaruh orde pertama, kuadratik dan interaksi, i dan j adalah angka indeks untuk faktor dan e_i adalah kesalahan residual (*error*) (Demirel dan Kayan, 2012). CCD (*Central Composite Design*) digunakan untuk perancangan eksperimental dan analisis hasilnya untuk mendapatkan parameter pengolahan yang optimal. Persamaan pada CCD digunakan untuk menggambarkan bagaimana variabel uji mempengaruhi respond an menentukan keterkaitan antar variabel (Sun *et al.*, 2010).

Pada *Response surface method* (RSM), CCD yang sesuai untuk memenuhi persamaan polynomial orde kedua sering didiskusikan untuk membahas masalah pengoptimalan pada beberapa masalah penelitian. Pada CCD nilai alfa penting untuk dihitung karena bisan untuk menentukan lokasi aksial pada domain eksperimental. Bergantung pada nilai alfa, desainnya bulat, orthogonal, dapat diputar atau terpusat. Terletak diantara pusat dan bulat dapat dihitung sebagai (Asghar *et al.*, 2014):

$$\alpha = (2^k)^{0,25}$$

Rencana eksperimental yang dapat diputar ini dilakukan sebagai desain komposit (CCD) yang terdiri dari 20 percobaan. Variabel yang digunakan sebanyak 3 ($n=3$) dan menggunakan dua level (rendah (-) dan tinggi (+)), sehingga total percobban sebanyak 20 dengan perhitungan: 2^n ($2^3 = 8$: poin faktor) + $2n$ ($2 \times 3 = 6$: titik aksial) + 6 (titik tengah: 6 pengulangan) (Cho dan Zoh, 2007).

2.10 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu, terdapat beberapa komoditi yang memiliki kadar lignin hampir sama dengan kadar lignin yang terkandung pada serat pinang sirih, yaitu Moeksin *et al.* (2009) meneliti pengaruh pemutihan terhadap lembaran *pulp* dari ampas tebu dengan kadar lignin sebesar 10,7. Pemutihan *pulp* dari ampas tebu menggunakan bahan H_2O_2 dengan variasi konsentrasi yaitu 0%, 5% dan 10%, temperatur pemasakan

90°C dan lama pemasakan 120 menit. Pada H₂O₂ konsentrasi 10% didapatkan derajat putih lembaran ampas tebu sebesar 70,48%.

Riama *et al.* (2012) meneliti pengaruh pemutihan terhadap *pulp* dari serat mahkota nanas dengan kadar lignin 5%. Pemutihan *pulp* dari serat mahkota nanas menggunakan bahan H₂O₂ dengan konsentrasi 10%, temperatur pemasakan 70°C dan lama pemasakan 120 menit. Hasil derajat putih lembaran serat mahkota nanas pada H₂O₂ 10% yaitu 82,40%. Lestari dan Sari (2016) meneliti pengaruh pemutihan *pulp* dari eceng gondok dengan kadar lignin 7%. Pemutih *pulp* menggunakan bahan H₂O₂ dengan konsentrasi 10%, temperatur pemasakan 80°C dan waktu pemasakan 120 menit. Hasil derajat putih yaitu 62,45%.

. Ibrahim (2003) meneliti proporsi pembuatan kertas berbahan baku tandan kosong kelapa sawit dan kertas kardus bekas. Proporsi yang digunakan antara tandan kosong kelapa sawit dan kertas kardus bekas yaitu 25%:75%, 50% : 50% dan 75% : 25%. Hasil kuat tarik dan kecerahan tertinggi yaitu pada proporsi 50 : 50 yaitu sebesar 37,40 Nm/g dan 32,71%. Sheikhi *et al* (2013) meneliti pembuatan kertas berbahan baku ampas tebu dan kertas kardus bekas. Proporsi yang digunakan antara ampas tebu dan kertas kardus bekas yaitu 90%:10%, 70%:30%, 50%:50%, 30%:70%, dan 10%:90%. Hasil kuat tarik tertinggi yaitu pada proporsi 50:50 yaitu sebesar 6,46 mN.m²/g.

2.11 Hipotesis

Diduga penambahan kadar H₂O₂ dan lama waktu *bleaching* yang optimal, akan mempengaruhi pada kualitas kertas seni yang dihasilkan terutama pada segi kuat tarik dan derajat kecerahan.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian dilakukan bulan Mei 2018 sampai Juli 2018. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Agrokimia, Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya. Pengujian kuat tarik, kuat tekan dan tebal kertas dilakukan di Laboratorium Daya dan Mesin, Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya. Pengujian derajat kecerahan (*brightness*) dilakukan di Laboratorium Teknologi Agrokimia, Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan untuk pembuatan kertas seni adalah *beaker glass pyrex* 500 ml, *hot plate arec velp*, *stop watch*, blender \pm 6000 rpm, gunting, pisau, gelas ukur *pyrex* 20 ml, timbangan digital *sartorius*, kain saring, bak atau ember, *screen* 120 mesh ukuran 20 cm x 15 cm, midangan *screen* 20 x 15 cm, pengepres manual ukuran 10 x 5 cm dan oven *heraeus*. Alat yang dibutuhkan untuk pengujian ketahanan tarik yaitu *paper tensile strength tester* dan untuk pengujian derajat putih (*brightness*) yaitu *colour reader*.

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan baku utama yang digunakan untuk pembuatan kertas seni yaitu buah pinang sirih berwarna hijau dengan usia \pm 4 bulan yang dibeli dari penjual buah pinang sirih di Pasar Besar Kota Malang dan kertas kardus bekas susu *ultramilk* 200 ml. Bahan pembantu yang digunakan yaitu NaOH teknis 25% (w/v), aquades, dan hidrogen peroksida teknis 35% (v/v).

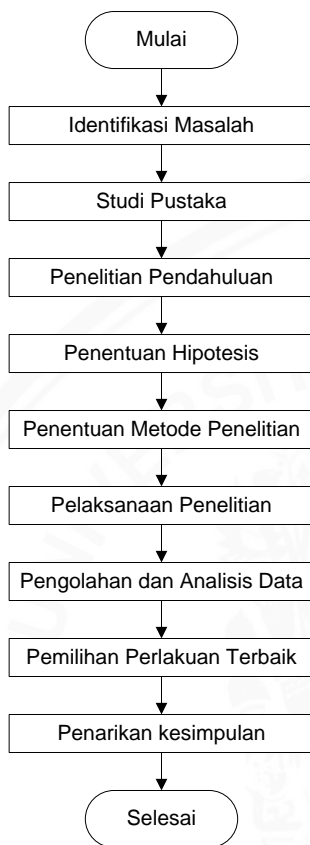
3.3 Batasan Masalah

1. Penelitian pembuatan kertas seni dilakukan pada skala laboratorium.

2. Serat pinang sirih yang digunakan diangin-anginkan selama 24 jam.
3. Pemasakan serat pinang sirih kering menggunakan NaOH 25% selama 90 menit.
4. Proporsi serat pinang sirih dan kertas kardus bekas 1 : 1.
5. Pengeringan kertas dilakukan di bawah sinar matahari.

3.4 Prosedur Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.1**



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.5 Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Metode *Respon Surface Method* (RSM) dengan Rancangan Komposit Terpusat dengan 2 faktor. Faktor pertama yaitu lama waktu *bleaching* dan faktor kedua yaitu kadar H₂O₂. Berdasarkan dari kedua faktor, maka percobaan dilakukan pada titik tengah (X=0). Lama waktu *bleaching* 120 menit (X₁=0) dan kadar H₂O₂ 10% (X₂). Level dari masing-masing faktor dalam percobaan sebagai berikut:

1. Penentuan rancangan faktorial 2² (pengaruh dua faktor) sebagai ordo pertama dan ditetapkan level yang akan diteliti
 - a. Faktor lama waktu *bleaching* (A) dengan level faktor:
 - Waktu 90 menit (X₁ = -1)
 - Waktu 120 menit (X₁ = 0)
 - Waktu 150 menit (X₁ = +1)
 - b. Faktor kadar H₂O₂ (B) dengan level faktor:
 - Kadar H₂O₂ 5% (X₂ = -1)
 - Kadar H₂O₂ 10% (X₂ = 0)
 - Kadar H₂O₂ 15% (X₂ = +1)
2. Pada faktor lama waktu *bleaching*, hubungan variabel asli dengan X₁ dapat diketahui dengan menggunakan level-levelnya yaitu 90 menit (X₁ = -1), 120 menit (X₁ = 0) dan 150 menit (X₁ = +1) dengan selisih antar level sebesar 30 menit. Maka hubungan kedua variabel tersebut yaitu:

$$X_1 = \frac{A - 120}{30}; A = 30X_1 + 120 \dots \dots \dots (2)$$

Pada faktor kadar H₂O₂, hubungan variabel asli dengan X₂ dapat diketahui dengan menggunakan level-levelnya yaitu 5% (X₂ = -1), 10% (X₂ = 0) dan 15% (X₂ = +1) dengan selisih antar level sebesar 5%. Maka hubungan kedua variabel tersebut yaitu:

$$X_2 = \frac{C - 10}{5}; B = 5X_2 + 10 \dots \dots \dots (3)$$

3. Menentukan nilai $\alpha = 2^{k/4}$, penelitian ini menggunakan tiga faktor sehingga nilai k = 3. Nilai $\alpha = 2^{3/4} = 1,41421$. Menentukan level-level yang bersesuaian dari nilai $-\alpha = -1,41421$ dan $\alpha = 1,41421$ sesuai perhitungan hubungan variabel X₁ dan X₂ dengan variabel asli dalam persamaan (2) dan (3).

Persamaan (2)

a. $X_1 = 1,41421$, maka $A = 30 (1,41421) + 120 = 162,426$

b. $X_1 = -1,41421$, maka $A = 30 (-1,41421) + 120 = 77,5736$

Persamaan (3)

a. $X_2 = 1,41421$, maka $C = 5 (1,41421) + 10 = 17,0711$

b. $X_2 = -1,41421$, maka $C = 5 (-1,41421) + 10 = 2,92893$

Rancangan percobaan dapat dilihat pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Rancangan Percobaan

Variabel Kode		Variabel Asli		Respon	
X_1	X_2	Lama Waktu Bleaching (menit)	Kadar H_2O_2 (%)	Ketahanan Tarik (kN/m^2)	Derajat Kecerahan (%)
-1	-1	90	5	Y1	Y2
+1	-1	120	5	Y1	Y2
-1	+1	90	15	Y1	Y2
+1	+1	150	15	Y1	Y2
0	-1,414	120	2,93	Y1	Y2
0	+1,414	120	17,07	Y1	Y2
-1,414	0	77,57	10	Y1	Y2
+1,414	0	162,43	10	Y1	Y2
0	0	120	10	Y1	Y2
0	0	120	10	Y1	Y2
0	0	120	10	Y1	Y2
0	0	120	10	Y1	Y2
0	0	120	10	Y1	Y2
0	0	120	10	Y1	Y2

Berdasarkan **Tabel 3.1** maka diperoleh titik komposit terpusat yang dicobakan seperti pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2 Titik Komposit Terpusat

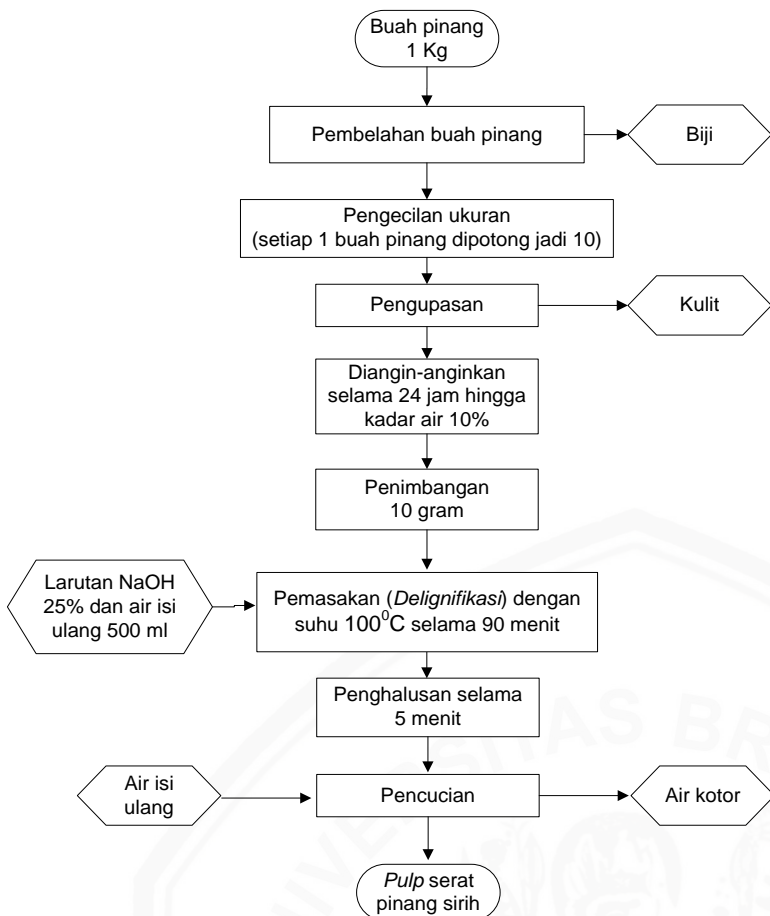
Faktor	$-\alpha$	-1	0	1	α
Lama waktu bleaching	77,6	90	120	150	162,4
Kadar H_2O_2 (%)	2,9	5	10	15	17,1

3.6 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dibedakan menjadi 3 tahapan. Tahapan pertama yaitu proses pembuatan *pulp* serat pinang sirih, tahapan kedua yaitu pembuatan *pulp* dari kertas kardus bekas dan tahapan ketiga yaitu pembuatan kertas seni. Diagram alir pembuatan *pulp* serat pinang sirih dapat dilihat pada **Gambar 3.2**. Diagram alir pembuatan *pulp* kertas kardus bekas dapat dilihat pada **Gambar 3.3**. Diagram alir pembuatan kertas seni dapat dilihat pada **Gambar 3.4**.

1. Pembuatan *pulp* serat pinang sirih.
 - a. Buah pinang sirih dibelah dan diambil bijinya dengan menggunakan pisau.
 - b. Serat buah pinang sirih dipotong dengan panjang 3-4 cm dan lebar $\pm 0,5$ cm dan dikupas kulitnya dengan menggunakan pisau.
 - c. Serat buah pinang sirih tanpa kulit diletakkan di atas loyang dan diangin-anginkan selama 24 jam.
 - d. Serat pinang sirih kering ditimbang sebanyak 10 gram.
 - e. Serat pinang sirih dimasak dengan larutan NaOH 25%, selama 90 menit dengan suhu 100°C , lalu dihitung laju perpindahan panas.
 - f. Serat pinang sirih dihaluskan selama 5 menit untuk menghasilkan *pulp* serat pinang sirih dengan menggunakan blender.
 - g. *Pulp* serat pinang sirih disaring menggunakan kain saring dan dicuci dengan air bersih sampai larutan NaOH yang menempel pada *pulp* hilang, lalu dihitung kadar air *pulp* serat pinang sirih.

Diagram alir pembuatan *pulp* serat pinang sirih dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.

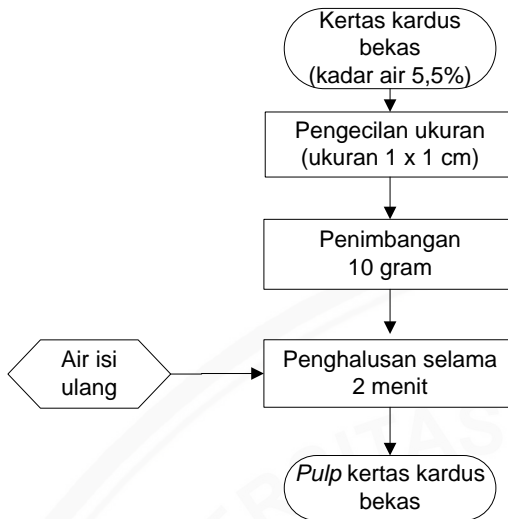


Gambar 3.2 Diagram alir pembuatan *pulp* serat pinang

2. Pembuatan *pulp* kertas kardus bekas.
 - a. Mempersiapkan kertas kardus bekas.
 - b. Kertas kardus bekas dipotong 1 x 1 cm menggunakan gunting.
 - c. Kertas kardus bekas ditimbang sebanyak 10 gram.

- d. Kertas kardus bekas dihaluskan menggunakan blender selama 2 menit dengan penambahan air secukupnya, lalu dihitung kadar air *pulp* kertas kardus bekas.

Diagram alir pembuatan *pulp* kertas kardus bekas dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.

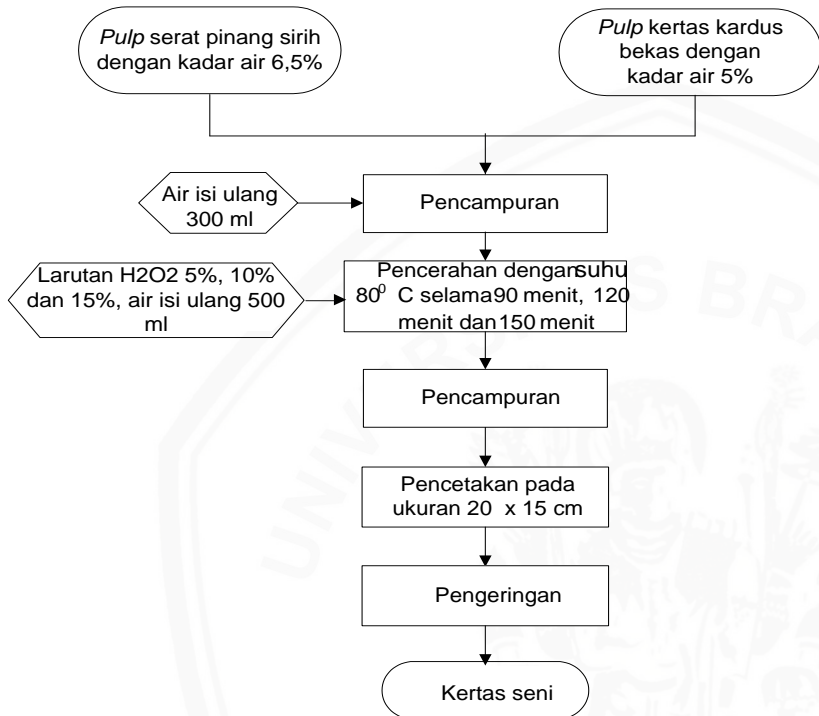


Gambar 3.3 Diagram alir pembuatan *pulp* kertas kardus bekas

3. Pembuatan kertas seni
 - a. *Pulp* serat pinang dan *pulp* kertas kardus bekas dihomogenkan menggunakan blender selama ± 1 menit hingga *pulp* serat pinang dan *pulp* kertas kardus bekas tercampur merata dengan ditambahkan air.
 - b. *Pulp* yang sudah dicampur, dimasak dengan larutan H_2O_2 5%, 10% dan 15% dengan suhu $80^\circ C$ selama 90 menit, 120 menit dan 150 menit, lalu dihitung laju perpindahan panas.

- c. *Pulp* dihomogenkan dengan blender \pm 1 menit hingga *pulp* serat pinang dan *pulp* kertas kardus bekas tercampur merata dan dituang ke bak atau ember dan dicetak menggunakan *screen* 120 mesh ukuran 20 cm x 15 cm, midangan *screen* 20 x 15 cm, pengepres manual ukuran 10 x 5 cm dan triplek ukuran 20 x 15 cm.
- d. Lembaran yang sudah dicetak pada triplek dikeringkan di bawah sinar matahari.

Diagram alir pembuatan kertas seni dapat dilihat pada **Gambar 3.4**.



Gambar 3.4 Diagram alir pembuatan kertas seni

3.7 Pengujian dan Analisis Data

3.7.1 Pengujian

a. Prosedur Uji Ketahanan Tarik Kertas (SNI 14-4737-1998)

Alat uji ketahanan tarik kertas terdiri atas 4 bagian utama yaitu celah penjepit kertas, motor penggerak, bagian bergerak penarik kertas, dan pembaca skala. Langkah-langkah uji ketahanan tarik kertas yaitu:

1. Alat yang terdiri dari bagian bergerak yang berfungsi sebagai penarik kertas dan bagian statis disiapkan pada posisi masing-masing lalu motor penggerak dihidupkan. Bagian penarik kunci dengan pengait agar tidak bergerak.
2. Kertas yang akan diukur dipotong 17,5 cm x 1,5 cm lalu direntangkan diantara kedua celah penjepit dibagian statis dan bagian penarik. Sekrup pada masing-masing penjepit dirapatkan.
3. Penjepit dilepas sehingga bagian penarik mulai bergerak menarik kertas, skala yang terbaca pada bagian penarik tanpa saat kertas terputus akibat tarikan yang menunjukkan ketahanan tarik kertas

b. Prosedur Uji Derajat Kecerahan (Yuwono dan Susanto, 1998)

Penentuan derajat kecerahan menggunakan metode L^* , a^* , dan b^* *hunter*. Alat yang digunakan yaitu *colour reader*. Langkah-langkah penentuan derajat kecerahan yaitu:

1. Menyiapkan sampel yang akan diuji derajat kecerahan.
2. Menghidupkan *colour reader*.
3. Menentukan target L^* , a^* , dan b^* , dimana L^* adalah kecerahan, nilai positif (+) berarti cerah, nilai (-) berarti suram; axis a, nilai positif (+) berarti merah, nilai (-) berarti hijau; axis b, nilai positif (+) berarti kuning, dan nilai negative (-) berarti biru.
4. Mengukur warna

c. Prosedur Pengujian Kadar Air Pemanasan dengan Oven (SNI 08-7070-2005)

1. Cawan petri disiapkan dan diukur beratnya, lalu dioven dengan suhu 105°C selama 1 jam.

2. Cawan petri dipindahkan ke desikator selama ± 10 menit. Lalu cawan petri kembali ditimbang.
3. Contoh sampel dimasukkan cawan petri, lalu ditimbang beratnya.
4. Cawan petri yang telah berisi sampel dimasukkan kembali ke dalam desikator selama 24 jam.
5. Cawan petri beserta sampel ditimbang.

Kadar air dihitung dengan rumus:

$$\frac{(\text{berat cawan+kertas sebelum dioven}) - (\text{berat cawan+kertas setelah dioven})}{\text{Berat sampel}}$$

d. Ketebalan Kertas (Saenah, 2002)

Pengujian menggunakan *coating thickness gauge*. Langkah-langkah uji ketebalan kertas yaitu:

1. Contoh kertas yang akan diuji ditempatkan pada landasan dan kaki penekan pada saat alat dapat diturunkan ke atas permukaan kertas.
2. Kaki penekan pada alat dinaikkan dari kertas kemudian diturunkan perlahan sampai hampir sampai menyentuh permukaan kertas dan kaki penekan dilepas.
3. Setelah kaki penekan dibiarkan menempel pada kertas selama 2-5 detik, nilai ketebalan kertas dapat dibaca pada skala dengan satuan mikrometer.

e. Gramatur (SNI 14-0436-1989)

1. Contoh uji dipotong dengan ukuran 10 x 10 cm².
2. Contoh uji dihitung luasnya kemudian ditimbang massanya dan catat hasilnya.

Rumus gramatur:

$$\text{Gramatur} \left(\frac{g}{cm^2} \right) = \frac{\text{bobot contoh (g)}}{100 (cm^2)} \times \frac{10000 (cm^2)}{1 (m^2)}$$

f. Perhitungan Panas yang Dibutuhkan (Syaichurrozi et al., 2014)

$$Q = m \times c \times (T_2 - T_1)$$

Keterangan:

Q adalah kalor (Joule)

m adalah massa benda (Kg)
 c adalah kalor jenis
 Δt adalah perubahan suhu ($T_2 - T_1$)

g. Neraca Massa (Basuki *et al.*, 2015)

Prinsip pada neraca massa yaitu semua bahan yang masuk sama dengan bahan yang keluar. Rumus:

$$F + Y = P + Z$$

Keterangan:

F = Bahan masuk

Y = Penambahan bahan

P = Produk akhir

Z = Kehilangan (*loss*)

3.7.2 Analisis Data

Penelitian terhadap lembaran kertas seni dilakukan untuk menganalisis hasil yang telah diperoleh yaitu meliputi nilai kecerahan kertas seni dan nilai ketahanan tarik kertas seni. Nilai kecerahan kertas seni diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan alat *colour reader* dan nilai ketahanan tarik kertas seni diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan alat *paper tensile strength tester*.

3.8 Pemilihan Perlakuan Terbaik

Pemilihan perlakuan terbaik menggunakan *Respon Surface Method*. Hasil dari perlakuan terbaik dibandingkan dengan kertas seni yang ada dipasaran. Langkah-langkah menggunakan *Respon Surface Method* yaitu (Hazimah dan Ginting, 2017):

1. Memilih variabel-variabel faktor yang mempengaruhi respon.
2. Menentukan himpunan variabel-variabel faktor menghasilkan nilai variabel respon yang mendekati optimal.
3. Membentuk model regresi orde satu dan orde dua.
4. Mencari titik stasioner dari model regresi orde dua. Titik stasioner digunakan untuk mendapatkan kombinasi nilai variabel-variabel input yang menghasilkan respon optimal.
5. Menentukan keadaan optimal dari suatu sistem.



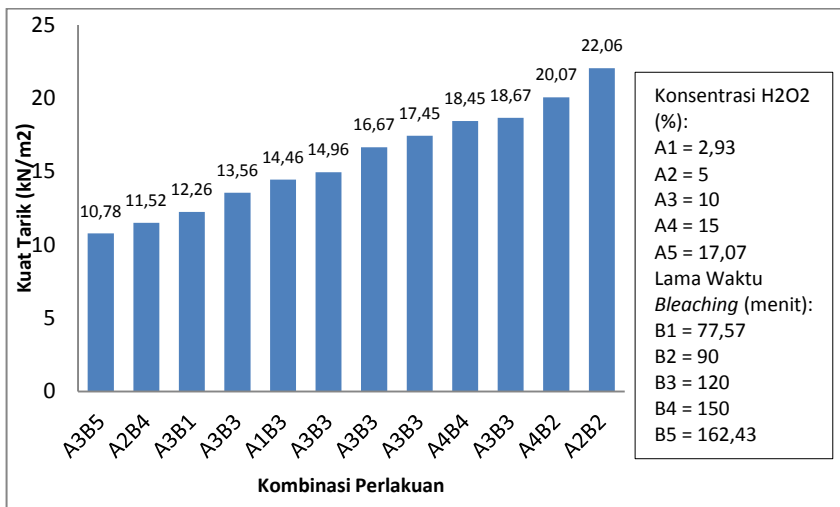
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji Tingkat Kecerahan dan Kuat Tarik

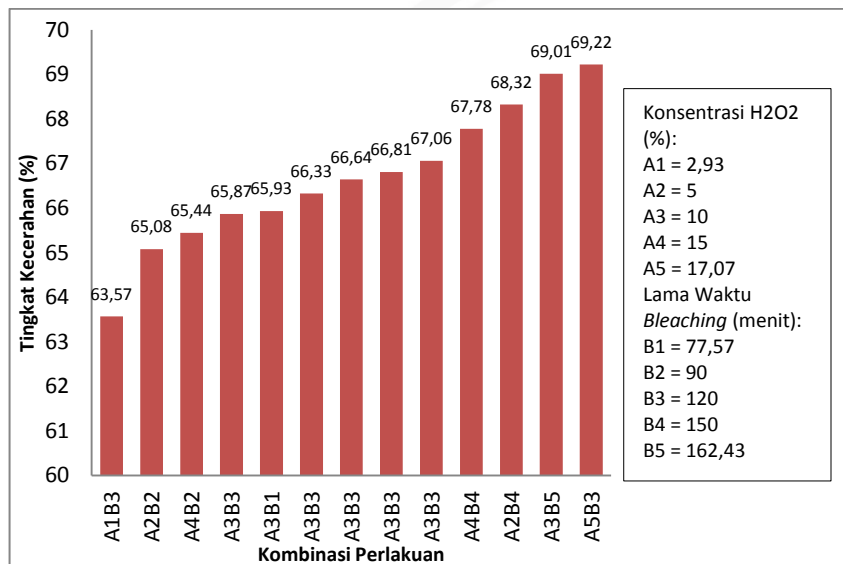
Tabel 4.1 Hasil Uji Tingkat Kecerahan dan Kuat Tarik

Kombinasi Perlakuan		Respon	
Kadar H ₂ O ₂ (%)	Lama Waktu Bleaching (menit)	Tingkat Kecerahan (%)	Kuat Tarik (kN/m ²)
5	90	65,08	22,06
5	150	68,32	11,52
15	90	65,44	20,07
15	150	67,78	18,45
2,93	120	63,57	14,46
17,07	120	69,22	15,45
10	77,57	65,93	12,26
10	162,43	69,01	10,78
10	120	66,33	17,45
10	120	65,87	18,67
10	120	66,81	16,67
10	120	67,06	14,96
10	120	66,64	13,56

Berdasarkan hasil uji tingkat kecerahan dan kuat tarik pada **Tabel 4.1** diketahui tingkat kecerahan tertinggi sebesar 69,22% dengan kombinasi perlakuan lama waktu *bleaching* 120 menit dan kadar H₂O₂ 17,07%, sedangkan tingkat kecerahan terendah sebesar 65,08% dengan kombinasi perlakuan lama waktu *bleaching* 90 menit dan kadar H₂O₂ 5%. Grafik hasil tingkat kecerahan terendah hingga tertinggi dapat dilihat pada **Gambar 4.2**. Kuat tarik tertinggi sebesar 22,06 kN/m² dengan kombinasi perlakuan lama waktu *bleaching* 90 menit dan kadar H₂O₂ 5%, sedangkan kuat tarik terendah sebesar 10,78 kN/m² dengan kombinasi perlakuan lama waktu *bleaching* 162,43 menit dan kadar H₂O₂ 10%. Grafik hasil kuat tarik terendah hingga tertinggi dapat dilihat pada **Gambar 4.1**. Grafik pengaruh kombinasi perlakuan terhadap hasil uji tingkat kecerahan dapat dilihat pada **Gambar 4.3** dan grafik pengaruh kombinasi perlakuan terhadap hasil kuat tarik dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.

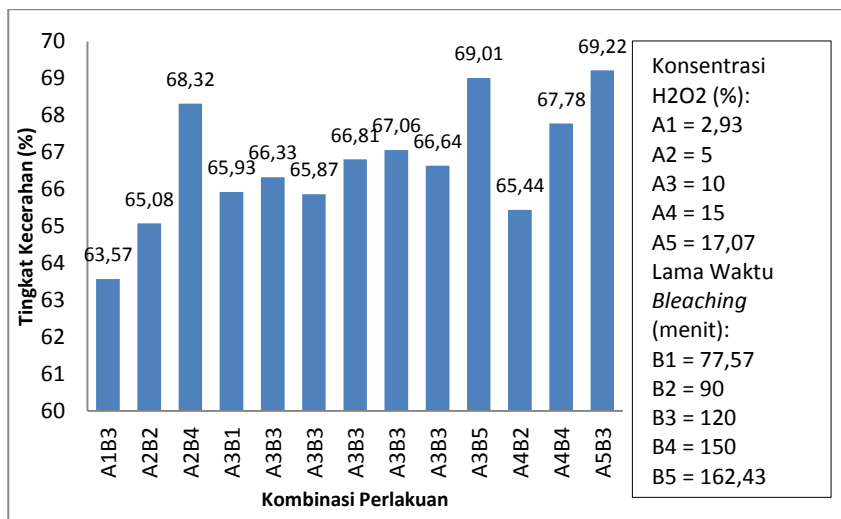


Gambar 4.1 Hasil Kuat Tarik Berdasarkan Urutan Terendah ke Tertinggi



Gambar 4.2 Hasil Tingkat Kecerahan Berdasarkan Urutan Terendah ke Tertinggi

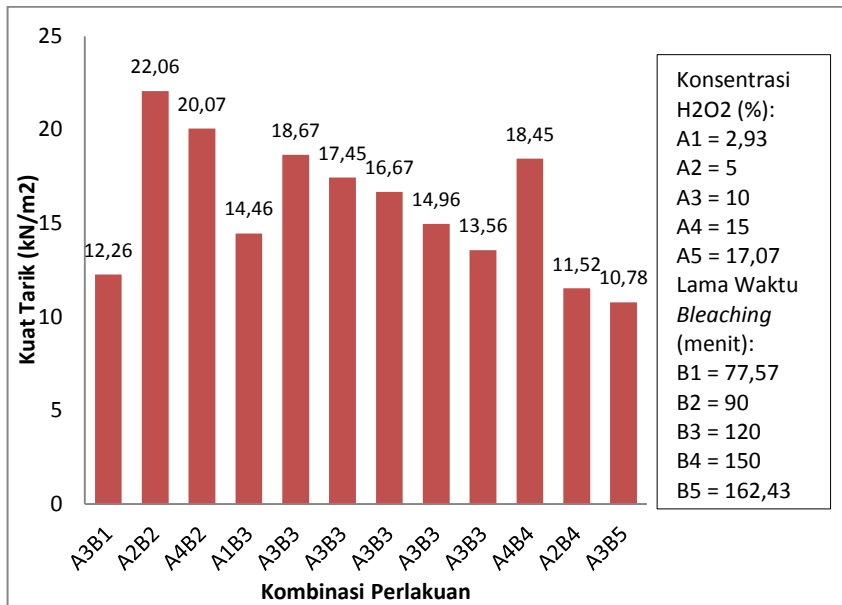
Berdasarkan **Gambar 4.3** dapat dilihat kombinasi perlakuan lama waktu *bleaching* dan kadar H_2O_2 berpengaruh terhadap respon tingkat kecerahan. Semakin lama waktu *bleaching* dan semakin besar kadar H_2O_2 yang digunakan maka semakin tinggi tingkat kecerahan pada kertas seni. Hal ini sesuai dengan penelitian Jayanuddin (2009) semakin lama waktu proses pemutihan maka H_2O_2 sebagai oksidator akan dapat semakin banyak memutus ikatan molekul lignin sehingga tingkat kecerahan makin tinggi. Hal ini karena semakin lama waktu proses pemutihan maka reaksi delignifikasi H_2O_2 terhadap lignin akan menjadi reaktif, sehingga lignin yang terkandung dalam produk semakin berkurang.



Gambar 4.3 Pengaruh kombinasi perlakuan terhadap hasil uji tingkat kecerahan berdasarkan kadar H_2O_2 terendah ke tertinggi

Gambar 4.4 menunjukkan pengaruh kombinasi perlakuan lama waktu *bleaching* dan kadar H_2O_2 terhadap respon kuat tarik. Semakin lama waktu *bleaching* dan semakin besar kadar H_2O_2 yang digunakan maka semakin menurun kuat tarik pada kertas seni. Hal ini sesuai dengan penelitian Suryanto *et al* (2017) yaitu kuat tarik pada serat menurun karena lignin yang

bertindak sebagai pengikat antar serat terlalu banyak dilarutkan. Akibatnya jumlah pengikat mikrofibril di dalam serat juga berkurang. Pengurangan lignin di dalam serat menyebabkan area penampang serat yang tidak sempurna dan dengan hal tersebut menurunkan kuat tarik serat.



Gambar 4.4 Pengaruh kombinasi perlakuan terhadap hasil uji kuat tarik berdasarkan lama waktu *bleaching* terendah ke tertinggi

4.2 Respon Tingkat Kecerahan

Hasil pengujian tingkat kecerahan lembaran kertas berbahan dasar serabut pinang sirih dan kertas kardus bekas dengan faktor lama waktu *bleaching* dan kadar H₂O₂ dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4.2 Data Respon Nilai Kecerahan

Variabel Kode		Variabel Asli		Respon
X ₁	X ₂	Lama Waktu <i>Bleaching</i> (menit)	Kadar H ₂ O ₂ (%)	Tingkat Kecerahan (%)
-1	-1	90	5	65,08
+1	-1	150	5	68,32
-1	+1	90	15	65,44
+1	+1	150	15	67,78
0	-1,414	120	2,93	63,57
0	+1,414	120	17,07	69,22
-1,414	0	77,57	10	65,93
+1,414	0	162,43	10	69,01
0	0	120	10	66,33
0	0	120	10	65,87
0	0	120	10	66,81
0	0	120	10	67,06
0	0	120	10	66,64

Berdasarkan hasil uji tingkat kecerahan lembaran kertas seni dari serabut pinang sirih dan kertas kardus bekas, dapat diketahui tingkat kecerahan kertas tertinggi yaitu 69,22% dengan perlakuan lama waktu *bleaching* 120 menit dan kadar H₂O₂ 17,07%. Tingkat kecerahan kertas terendah yaitu 65,08% dengan perlakuan lama waktu *bleaching* 90 menit dan kadar H₂O₂ 5%. Data yang sudah diperoleh diolah menggunakan program *Design Expert 7.1.5*. Ada 3 kriteria dalam pemilihan model yang sesuai untuk respon tingkat kecerahan yaitu memilih nilai P dengan syarat $P < 0,05$ pada *Sequential Model of Squares*, uji ketidaktepatan model pada *Lack of fit* dan memilih model dengan nilai PRESS (*Prediction Error of Squares*) terkecil pada *Model Summary Statistics*.

Pada *Sequential Model of Squares* diperoleh hasil model yang terpilih (*suggested*) yaitu *linear vs mean* karena memiliki nilai P paling kecil dari model lainnya yaitu 0,0018 yang artinya bahwa peluang kesalahan pada model kurang dari 5% ($P < 0,05$) serta model *linear* memiliki kesesuaian yang signifikan terhadap

respon tingkat kecerahan. Menurut Imam (2011) jika nilai P kurang dari 0,05 ($P < 0,05$) maka dinyatakan signifikan dan hipotesis diterima. Tabel *Sequential Model of Squares* dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

Pada uji ketidaktepatan (*Lack of Fit*) model terpilih yaitu *linear* karena dinyatakan oleh program sebagai “*suggested*”. Model *linear* terpilih karena memiliki nilai P ($P > 0,05$) yaitu 0,0652 yang artinya model memiliki ketidaktepatan yang tidak signifikan sebesar 6,52% terhadap respon tingkat kecerahan. Pada model *quadratic* memiliki nilai P yang lebih tinggi dari model *linear* yaitu 0,0692, namun oleh program bukan dikatakan model terpilih sehingga model *linear* sebagai model respon tingkat kecerahan meskipun memiliki nilai P dibawah nilai P model *quadratic* dengan selisih 0,0040. Menurut Ramadhani *et al.* (2017) apabila nilai *Lack of fit* sebesar $< 0,05$ dan jika $> 0,05$ menunjukkan status yang tidak signifikan maka variabel berpengaruh nyata (signifikan) terhadap respon. Nilai *Lack of fit* yang tidak signifikan merupakan syarat untuk model yang baik karena menunjukkan adanya kesesuaian data respon dengan model. Tabel *Lack of fit* dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

Model yang baik memiliki nilai PRESS yang relatif kecil. Model yang sesuai pada respon tingkat kecerahan yaitu model *linear* dengan nilai PRESS 18,24, nilai PRESS terkecil dari model lainnya yang artinya model *linear* memiliki prediksi kecilnya kesalahan sebesar 18,24. Menurut Ohlyver (2010) model dengan nilai PRESS terkecil mengindikasikan kecilnya galat pendugaan dalam model, sehingga suatu model dikatakan lebih baik jika nilai PRESS yang dihasilkan relatif kecil. Berdasarkan tiga kriteria pemilihan model, maka model yang terpilih untuk menjelaskan hubungan antara variabel X_1 (lama waktu *bleaching*) dan X_2 (kadar H_2O_2) terhadap respon tingkat kecerahan adalah model *linear*. Nilai PRESS dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

Analisis ragam (ANOVA) dapat dilihat pada **Lampiran.2** Pada hasil analisis ragam (ANOVA) diketahui jenis model *linear* memiliki nilai P sebesar 0,0018 ($P < 0,05$) dengan status signifikan yang artinya model *linear* dapat menjelaskan adanya pengaruh secara signifikan antara faktor (lama waktu *bleaching*

dan kadar H₂O₂) terhadap respon tingkat kecerahan pada kertas seni. Menurut Imam (2011) jika nilai P kurang dari 0,05 (P<0,05) maka dinyatakan signifikan dan hipotesis diterima sehingga maka model terpilih dapat menjelaskan hubungan antara variabel bebas dengan respon secara signifikan. Faktor A-lama waktu *bleaching* dan B-kadar H₂O₂ memiliki status yang signifikan karena memiliki nilai P<0,05 yaitu 0,0017 dan 0,0222 yang artinya faktor A-lama waktu *bleaching* dan B-kadar H₂O₂ berpengaruh secara nyata dan signifikan terhadap respon tingkat kecerahan.

Nilai P pada *Lack of Fit* tingkat kecerahan sebesar 0,0652 (P>0,05) dengan status "*not significant*" yang artinya model *linear* memiliki ketidaktepatan yang tidak nyata atau tidak signifikan. Nilai *R-Squared* pada tabel ANOVA sebesar 0,7182 yang artinya faktor (lama waktu *bleaching* dan kadar H₂O₂) mempengaruhi respon tingkat kecerahan kertas seni sebesar 71,82% dan sisanya sebesar 28,18% tidak termasuk dalam model. Nilai *adjusted R-Squared* sebesar 0,6618 yang artinya antara respon (Y) dan faktor (X) memiliki korelasi sebesar 66,18%. Menurut Sugiyono (2014) nilai *R-Square* memiliki nilai 0 sampai dengan 1, semakin mendekati nilai 1 maka faktor mempengaruhi respon secara signifikan. Pada analisis ragam (ANOVA) juga menghasilkan yaitu variabel aktual (sebenarnya). Persamaan variabel aktual sebagai berikut:

$$Y = 59,13711 + 0,047399X_1 + 0,18035X_2 \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

Y = Nilai Kecerahan

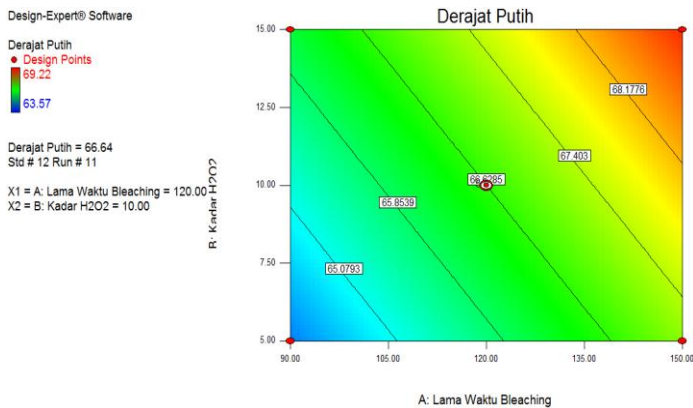
X₁ = Lama Waktu *Bleaching*

X₂ = Kadar H₂O₂

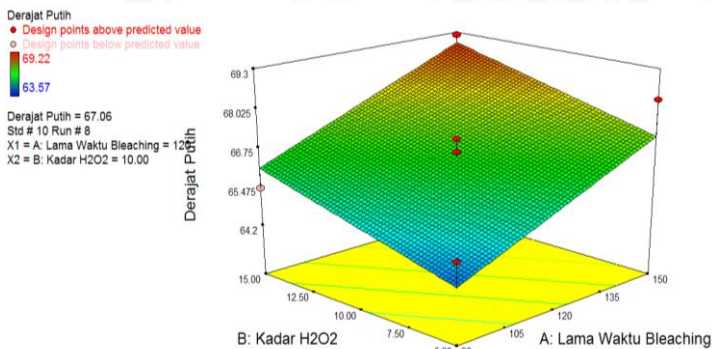
Persamaan (4) menjelaskan faktor lama waktu *bleaching* (X₁) dan kadar H₂O₂ (X₂) berpengaruh terhadap tingkat kecerahan (Y). Faktor yang berpengaruh terbesar pada tingkat kecerahan yaitu kadar H₂O₂ yaitu sebesar 0,18035. Arti tanda (+) yaitu setiap peningkatan 1 poin akan berpengaruh terhadap respon sebesar 0,18035. Faktor berpengaruh kedua terhadap tingkat kecerahan yaitu lama waktu *bleaching* yaitu sebesar 0,047399. Arti tanda (+) yaitu setiap peningkatan 1 poin akan berpengaruh terhadap respon sebesar 0,047399. Pada

persamaan juga diketahui konstanta (ketetapan) sebesar 59,13711.

Grafik hasil penelitian ditampilkan dengan 2 bentuk yaitu bentuk kontur dan bentuk 3 dimensi. Grafik bentuk kontur dapat dilihat pada **Gambar 4.5** dan grafik bentuk 3 dimensi dapat dilihat pada **Gambar 4.6**. Pada grafik menunjukkan pengaruh faktor lama waktu *bleaching* dan kadar H_2O_2 terhadap tingkat kecerahan dengan sumbu X adalah lama waktu *bleaching* dan sumbu Y adalah kadar H_2O_2 .



Gambar 4.5 Grafik bentuk kontur pengaruh lama waktu *bleaching* dan kadar H_2O_2 terhadap nilai kecerahan



Gambar 4.6 Grafik bentuk 3 dimensi pengaruh lama waktu *bleaching* dan kadar H_2O_2 terhadap nilai kecerahan

Gambar 4.5 menunjukkan warna dan garis dari nilai kecerahan. Garis yang paling kiri menunjukkan nilai kecerahan terkecil yaitu 65,0955 dan garis yang terbentuk semakin ke kanan menunjukkan peningkatan nilai kecerahan sampai nilai kecerahan yang tertinggi yaitu 68,1938. Warna yang terbentuk pada garis paling kiri atau nilai kecerahan terkecil yaitu warna biru hingga semakin ke kanan warna yang terbentuk yaitu warna merah yang menunjukkan tingkat kecerahan semakin meningkat. Respon optimal dari tingkat kecerahan dalam kontur tersebut menunjukkan nilai 66,64%. **Gambar 4.6** menunjukkan bahwa faktor lama waktu *bleaching* dan kadar H_2O_2 berpengaruh secara signifikan terhadap respon tingkat kecerahan. Berdasarkan grafik 3 dimensi dapat diketahui bahwa semakin lama waktu *bleaching* dan semakin banyak kadar H_2O_2 yang digunakan menghasilkan peningkatan tingkat kecerahan pada kertas seni.

Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Lestari dan Sari (2016) yaitu waktu proses pemutihan dan konsentrasi H_2O_2 mempengaruhi tingkat kecerahan yang dihasilkan. Lamanya waktu proses pemutihan berbanding lurus terhadap tingkat kecerahan yaitu semakin lama waktu proses pemutihan maka tingkat kecerahan semakin tinggi. Menurut Jayanuddin (2009) semakin lama waktu proses pemutihan maka H_2O_2 sebagai oksidator akan dapat semakin banyak memutus ikatan molekul lignin sehingga tingkat kecerahan makin tinggi. Hal ini karena semakin lama waktu proses pemutihan maka reaksi delignifikasi H_2O_2 terhadap lignin akan menjadi reaktif, sehingga lignin yang terkandung dalam produk semakin berkurang.

Menurut Lestari dan Sari (2016) kondisi yang sama didapatkan pada konsentrasi H_2O_2 . Konsentrasi H_2O_2 berbanding lurus dengan tingkat kecerahan, semakin tinggi konsentrasi H_2O_2 , maka semakin tinggi pula tingkat kecerahan. Hal ini disebabkan karena semakin besar konsentrasi H_2O_2 , maka semakin banyak ion penghidroksil (OOH^-) dalam larutan yang berperan sebagai oksidator dalam proses pemutihan, dimana anion perhidroksil (OOH^-) adalah bahan yang aktif bereaksi dengan struktur karbonil pada lignin sehingga lignin terpecah-pecah yang mengakibatkan warna *pulp* lebih putih.

4.3 Respon Nilai Kuat Tarik

Hasil pengujian kuat tarik lembaran kertas berbahan dasar serabut pinang sirih dan kertas kardus bekas dengan faktor lama waktu *bleaching* dan kadar H_2O_2 dapat dilihat pada **Tabel 4.3**.

Tabel 4.3 Data Respon Kuat Tarik

Variabel Kode		Variabel Asli		Respon
X_1	X_2	Lama Waktu <i>Bleaching</i> (menit)	Kadar H_2O_2 (%)	Kuat Tarik (kN/m^2)
-1	-1	90	5	22,06
+1	-1	150	5	11,52
-1	+1	90	15	20,07
+1	+1	150	15	18,45
0	-1,414	120	2,93	14,46
0	+1,414	120	17,07	15,45
-1,414	0	77,57	10	12,26
+1,414	0	162,43	10	10,78
0	0	120	10	17,45
0	0	120	10	18,67
0	0	120	10	16,67
0	0	120	10	14,96
0	0	120	10	13,56

Berdasarkan hasil uji kuat tarik kertas seni dari serabut pinang sirih dan kertas kardus bekas, dapat diketahui kuat tarik kertas tertinggi yaitu $22,06 \text{ kN/m}^2$ dengan perlakuan lama waktu *bleaching* 90 menit dan kadar H_2O_2 5%. Kuat tarik kertas terendah yaitu $10,78 \text{ kN/m}^2$ dengan perlakuan lama waktu *bleaching* 162,43 menit dan kadar H_2O_2 10%. Data yang sudah diperoleh diolah menggunakan program *Design Expert 7.1.5*. Ada 3 kriteria dalam pemilihan model yang sesuai untuk respon nilai kecerahan yaitu memilih nilai P dengan syarat $P < 0,05$ pada *Sequential Model of Squares*, uji ketidaktepatan model pada *Lack of fit* dan memilih model dengan nilai PRESS (*Prediction Error of Squares*) terkecil pada *Model Summary Statistics*.

Pada *Sequential Model of Squares* diperoleh hasil model yang terpilih (*suggested*) yaitu 2FI (*Two Factors Interaction*) karena memiliki nilai P paling kecil dari model lainnya yaitu 0,0050 yang artinya bahwa peluang kesalahan pada model kurang dari 5% ($P < 0,05$) serta model 2FI memiliki kesesuaian yang signifikan terhadap respon kuat tarik kertas. Menurut Imam (2011) jika nilai P kurang dari 0,05 ($P < 0,05$) maka dinyatakan signifikan dan hipotesis diterima. Tabel *Sequential Model of Squares* dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

Pada uji ketidaktepatan (*Lack of Fit*) model terpilih yaitu 2FI karena dinyatakan oleh program sebagai "*suggested*". Model 2FI terpilih karena memiliki nilai P ($P > 0,05$) yaitu 0,2864 yang artinya model memiliki ketidaktepatan yang tidak signifikan sebesar 28,64% terhadap respon kuat tarik. Pada model *quadratic* memiliki nilai P yang lebih tinggi dari model 2FI yaitu 0,3715, namun oleh program bukan dikatakan model terpilih sehingga model 2FI sebagai model respon kuat tarik meskipun memiliki nilai P dibawah nilai P model *quadratic* dengan selisih 0,0869. Menurut Ramadhani *et al.* (2017) apabila nilai *Lack of fit* sebesar $< 0,05$ dan jika $> 0,05$ menunjukkan status yang tidak signifikan maka variabel berpengaruh nyata (signifikan) terhadap respon. Nilai *Lack of fit* yang tidak signifikan merupakan syarat untuk model yang baik karena menunjukkan adanya kesesuaian data respon dengan model. Tabel *Lack of fit* dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

Model yang baik memiliki nilai PRESS yang relatif kecil. Model yang sesuai pada respon kuat tarik yaitu model 2FI dengan nilai PRESS 108,38, nilai PRESS terkecil dari model lainnya yang artinya model 2FI memiliki prediksi kecilnya kesalahan sebesar 108,38. Menurut Ohlyver (2010) model dengan nilai PRESS terkecil mengindikasikan kecilnya galat pendugaan dalam model, sehingga suatu model dikatakan lebih baik jika nilai PRESS yang dihasilkan relatif kecil. Berdasarkan tiga kriteria pemilihan model, maka model yang terpilih untuk menjelaskan hubungan antara variabel X_1 (lama waktu *bleaching*) dan X_2 (kadar H_2O_2) terhadap respon kuat tarik adalah model 2FI. Nilai PRESS dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

Analisis ragam (ANOVA) dapat dilihat pada **Lampiran 4**. Pada hasil analisis ragam (ANOVA) diketahui jenis model memiliki nilai P sebesar 0,0297 ($P < 0,05$) dengan status signifikan yang artinya model 2FI dapat menjelaskan adanya pengaruh secara signifikan antara faktor (lama waktu *bleaching* dan kadar H_2O_2) terhadap respon kuat tarik pada kertas seni. Menurut Imam (2011) jika nilai P kurang dari 0,05 ($P < 0,05$) maka dinyatakan signifikan dan hipotesis diterima, sehingga model terpilih dapat menjelaskan hubungan antara variabel bebas dengan respon secara signifikan. Faktor A-lama waktu *bleaching* dan B-kadar H_2O_2 memiliki status yang tidak signifikan karena memiliki nilai $P > 0,05$ yaitu 0,4873 dan 0,7253 yang artinya faktor A-lama waktu *bleaching* dan B-kadar H_2O_2 tidak berpengaruh secara nyata dan signifikan terhadap respon kuat tarik. Pada interaksi antara faktor A-lama waktu *bleaching* dan B-kadar H_2O_2 memiliki status yang signifikan karena memiliki nilai $P < 0,05$ yaitu 0,0050 yang artinya interaksi dua faktor tersebut berpengaruh secara nyata dan signifikan terhadap respon kuat tarik.

Nilai P pada *Lack of Fit* kuat tarik sebesar 0,2846 ($P > 0,05$) dengan status "*not significant*" yang artinya model 2FI memiliki ketidaktepatan yang tidak nyata atau tidak signifikan. Nilai *R-Squared* pada tabel ANOVA sebesar 0,6135 yang artinya faktor (lama waktu *bleaching* dan kadar H_2O_2 mempengaruhi respon kuat tarik kertas seni sebesar 61,35% dan sisanya sebesar 38,65% tidak termasuk dalam model. Nilai *adjusted R-Squared* sebesar 0,4846 yang artinya antara respon (Y) dan faktor (X) memiliki korelasi sebesar 48,46%. Menurut Sugiyono (2014) nilai *R-Square* memiliki nilai 0 sampai dengan 1, semakin mendekati nilai 1 maka faktor mempengaruhi respon secara signifikan. Pada analisis ragam (ANOVA) juga menghasilkan persamaan yaitu variabel aktual (sebenarnya). Persamaan variabel aktual sebagai berikut:

$$Y = 54,61881 - 0,32330X_1 - 3,69100X_2 + 0,030233X_1X_2 \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

Y = Kuat Tarik

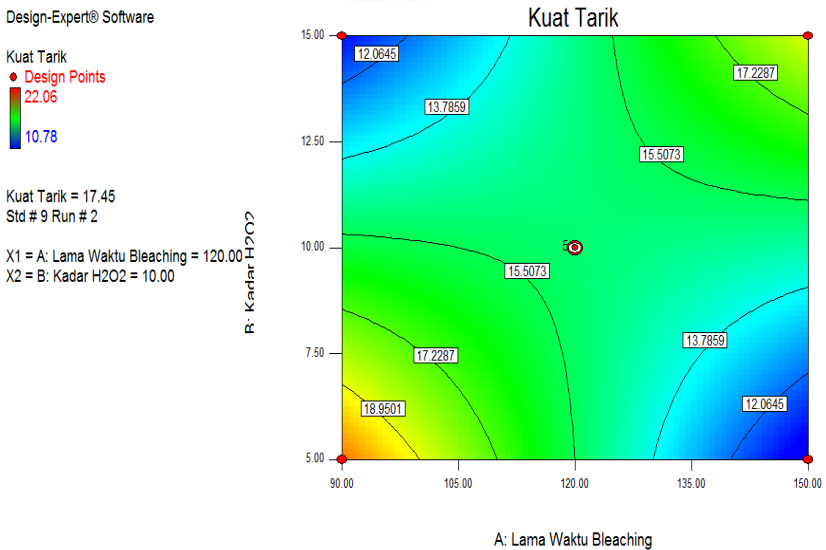
X_1 = Lama Waktu *Bleaching*

X_2 = Kadar H_2O_2

X_1X_2 = Interaksi antara lama waktu *bleaching* dan kadar H_2O_2

Persamaan (5) menjelaskan faktor lama waktu *bleaching* (X_1) dan kadar H_2O_2 (X_2) berpengaruh terhadap kuat tarik (Y). Faktor yang berpengaruh terbesar pada kuat tarik yaitu lama waktu *bleaching* yaitu sebesar 0,32330. Arti tanda (-) yaitu setiap penurunan 1 poin akan berpengaruh terhadap respon sebesar 0,32330. Faktor berpengaruh kedua terhadap kuat tarik yaitu kadar H_2O_2 yaitu sebesar 3,69100. Arti tanda (-) yaitu setiap penurunan 1 poin akan berpengaruh terhadap respon sebesar 3,69100. Pada persamaan juga diketahui konstanta (ketetapan) sebesar 54,61881.

Grafik hasil penelitian ditampilkan dengan 2 bentuk yaitu bentuk kontur dan bentuk 3 dimensi. Grafik bentuk kontur dapat dilihat pada **Gambar 4.7** dan grafik bentuk 3 dimensi dapat dilihat pada **Gambar 4.8**. Pada grafik menunjukkan pengaruh faktor lama waktu *bleaching* dan kadar H_2O_2 terhadap kuat tarik dengan sumbu X adalah lama waktu *bleaching* dan sumbu Y adalah kadar H_2O_2 .



Gambar 4.7 Grafik bentuk kontur pengaruh lama waktu *bleaching* dan kadar H_2O_2 terhadap kuat tarik

Design-Expert® Software

Kuat Tarik

● Design points above predicted value

○ Design points below predicted value

22.06

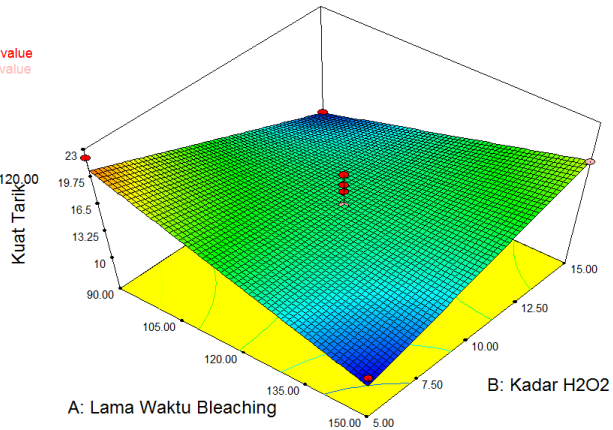
10.78

Kuat Tarik = 17.45

Std # 9 Run # 2

X1 = A: Lama Waktu Bleaching = 120.00

X2 = B: Kadar H₂O₂ = 10.00



Gambar 4.8 Grafik bentuk 3 dimensi pengaruh lama waktu *bleaching* dan kadar H₂O₂ terhadap kuat tarik

Gambar 4.7 menunjukkan warna dan garis dari kuat tarik. Garis yang paling kiri menunjukkan kuat tarik tertinggi yaitu 18,9501 kN/m² dan garis yang terbentuk semakin ke kanan menunjukkan penurunan kuat tarik yaitu 12,0645 kN/m². Warna yang terbentuk pada garis paling kiri atau kuat tarik tertinggi yaitu warna merah hingga semakin ke kanan warna yang terbentuk yaitu warna biru yang menunjukkan kuat tarik semakin menurun. Respon optimal dari kuat tarik dalam kontur tersebut menunjukkan nilai 17,45 kN/m². **Gambar 4.8** menunjukkan interaksi antara faktor A-lama waktu *bleaching* dan B-kadar H₂O₂ berpengaruh secara signifikan. Berdasarkan grafik 3 dimensi dapat diketahui bahwa semakin lama waktu *bleaching* dan semakin banyak kadar H₂O₂ yang digunakan mengakibatkan penurunan kuat tarik kertas seni.

Hal ini sesuai dengan penelitian Suryanto *et al* (2017) yaitu kuat tarik pada serat menurun karena lignin yang bertindak sebagai pengikat antar serat terlalu banyak dilarutkan. Akibatnya jumlah pengikat mikrofibril di dalam serat juga berkurang. Pengurangan lignin di dalam serat menyebabkan area penampang serat yang tidak sempurna dan dengan hal tersebut menurunkan kuat tarik serat.

4.4 Titik Optimum Respon Nilai Kuat Tarik dan Tingkat Kecerahan

Tujuan dari penelitian ini adalah mengoptimalkan respon tingkat kecerahan dan kuat tarik pada kertas seni berbahan baku serabut pinang sirih dan kertas kardus bekas dengan batasan-batasan yang telah ditetapkan sesuai dengan tujuan yang ditetapkan. Batasan optimasi respon dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4.4 Batasan optimasi respon

Kriteria	Parameter	Tujuan	Batas Bawah	Batas Atas
Faktor	Lama waktu <i>bleaching</i> (menit)	<i>In range</i>	90	150
Faktor	Kadar H ₂ O ₂ (%)	<i>In range</i>	5	15
Respon	Kuat Tarik (kN/m ²)	<i>Maximize</i>	11,22 ^b	17,1 ^b
Respon	Tingkat kecerahan (%)	<i>Maximize</i>	64,02 ^a	74,61 ^a

Sumber: ^{a)} Syamsu *et al.* (2014), ^{b)} Lestari dan Sari (2016)

Tabel 4.5 Solusi optimal hasil *Design Expert 7.1.5*

Parameter	Standar Prediksi
Lama waktu <i>bleaching</i> (menit)	150
Kadar H ₂ O ₂ (%)	15
Kuat Tarik (kN/m ²)	18,7832
Tingkat Kecerahan (%)	68,9522
<i>Desirability</i> (Ketepatan)	0,712

Pada **Tabel 4.4** faktor lama waktu *bleaching* memiliki tujuan *in range* dengan batas bawah 90 menit dan batas atas 150 menit. Faktor kadar H₂O₂ memiliki tujuan *in range* dengan batas bawah 5% dan batas atas 15%. Respon kuat tarik memiliki tujuan *maximize* dengan batas bawah 64,02 kN/m² dan batas atas 74,61 kN/m². Penentuan batas bawah dan batas atas respon kuat tarik diperoleh dari penelitian Syamsu *et al.* (2014) yaitu pembuatan kertas seni dari sabut kelapa. Respon tingkat kecerahan memiliki tujuan *maximize* dengan batas bawah 11,22% dan batas atas 17,10%. Penentuan batas bawah dan batas atas respon tingkat kecerahan diperoleh dari penelitian

Lestari dan Sari (2016) yaitu pembuatan kertas seni dari eceng gondok.

Solusi optimal diperoleh dari data respon yang dimasukkan ke program. Hasil dari masukan data respon akan menghasilkan formula yang optimal menurut program. Berdasarkan **Tabel 4.5** solusi yang diperoleh dari *Design Expert 7.1.5* yaitu titik optimum variabel lama waktu *bleaching* dan kadar H_2O_2 yaitu 150 menit dan 15%. Berdasarkan variabel optimum, didapatkan respon optimum kuat tarik dan tingkat kecerahan yaitu 18,7832 kN/m^2 dan 68,9522%. Nilai *desirability* sebesar 0,712 yang artinya ketepatan program memenuhi kriteria untuk menghasilkan produk semakin sempurna. Formula yang memiliki nilai *desirability* maksimum adalah formula yang paling optimal. Menurut Ramadhani *et al.* (2017) *desirability* memiliki nilai berkisar antara 0-1, nilai yang semakin mendekati 1 maka produk yang dihasilkan semakin sempurna dengan formula yang optimal.

Hasil standar prediksi optimal dari perhitungan komputasi pada **Tabel 4.5** akan diverifikasi dengan cara menguji kembali variabel optimal yang telah disarankan oleh program. Hasil prediksi solusi optimal dapat dilihat pada **Tabel 4.6**. **Tabel 4.6** menunjukkan respon kuat tarik memiliki prediksi terendah 11,80 dan prediksi tertinggi 25,76. Pada respon tingkat kecerahan memiliki prediksi terendah 66,53 dan prediksi tertinggi 71,37. Berdasarkan hasil prediksi solusi optimum, nilai optimum respon kuat tarik dan tingkat kecerahan berada diantara nilai prediksi sebagai batasan hasil verifikasi.

Tabel 4.6 Hasil prediksi solusi optimum

Parameter	Prediksi Optimal	Prediksi Terendah	Prediksi Tertinggi
Kuat tarik	18,7832	11,80	25,76
Tingkat kecerahan	68,9522	66,53	71,37

4.5 Verifikasi Kondisi Optimum Hasil Prediksi Model

Tahap verifikasi dilakukan untuk memastikan kondisi optimal yang disarankan oleh program memiliki nilai respon

yang sama pada penelitian skala laboratorium. Hasil respon yang berbeda dengan kondisi optimum yang telah disarankan, maka hasil respon dibandingkan dengan prediksi terendah dan prediksi tertinggi hasil dari program. Nilai prediksi dan hasil verifikasi dapat dilihat pada **Tabel 4.7**.

Tabel 4.7 Nilai prediksi dan hasil verifikasi

Respon	Hasil Verifikasi		Simpangan (%)		Kesesuaian (%)	
	V1	V2	V1	V2	V1	V2
Kuat Tarik (kN/m ²)	14,71	13,89	21,69	26,06	78,31	73,94
Tingkat Kecerahan (%)	69,50	68,32	0,79	0,92	99,21	99,08

Keterangan: ^{V1}) Verifikasi Pertama, ^{V2}) Verifikasi Kedua

Pada **Tabel 4.7** diketahui analisa penelitian kuat tarik didapatkan hasil verifikasi pertama sebesar 14,71 kN/m² dan verifikasi kedua sebesar 13,89 kN/m², sedangkan pada perhitungan program *Design expert 7.1.5* didapatkan hasil prediksi optimum kuat tarik 18,7832 kN/m². Antara hasil verifikasi pertama dan verifikasi kedua dengan prediksi kuat tarik mengalami penurunan sebesar 4,0732 dan 4,8932. Simpangan pada kuat tarik verifikasi pertama sebesar 21,69% yang artinya hasil verifikasi dengan nilai prediksi mengalami penyimpangan hasil sebesar 21,69%, maka kesesuaian antara hasil verifikasi dengan nilai prediksi sebesar 78,31%. Simpangan pada kuat tarik verifikasi kedua sebesar 26,06% yang artinya hasil verifikasi dengan nilai prediksi mengalami penyimpangan hasil sebesar 26,06%, maka kesesuaian antara hasil verifikasi dengan nilai prediksi sebesar 73,94%. Simpangan diperoleh dari nilai prediksi dibagi dengan hasil verifikasi dikali 100%, lalu 100% dikurangi dengan hasil sebelumnya. Hasil kesesuaian dari kuat tarik kurang dari 95% yang artinya hasil verifikasi kuat tarik tidak dapat diterima dengan selang kepercayaan 95%. Hal ini sesuai dengan pernyataan Wu *et al.*, (2006) bahwa selisih nilai verifikasi dan

nilai penelitian tidak lebih dari 5% mengindikasikan bahwa model tersebut cukup tepat dan solusi variabel bebas yang diberikan program *Design Expert* dapat diterima, namun apabila selisih nilai verifikasi dan nilai penelitian lebih dari 5% mengindikasikan bahwa model tersebut tidak tepat.

Analisa penelitian tingkat kecerahan didapatkan hasil verifikasi pertama sebesar 69,50% dan hasil verifikasi kedua sebesar 68,32% sedangkan pada perhitungan program *Design expert 7.1.5* didapatkan hasil prediksi optimum tingkat kecerahan 68,9522%. Antara hasil verifikasi pertama dan verifikasi kedua dengan prediksi mengalami peningkatan sebesar 0,5478% dan penurunan sebesar 0,6322. Simpangan pada tingkat kecerahan verifikasi pertama sebesar 0,79% yang artinya hasil verifikasi dengan nilai prediksi mengalami penyimpangan hasil sebesar 0,79%, maka kesesuaian antara hasil verifikasi dengan nilai prediksi sebesar 99,21%. Simpangan pada tingkat kecerahan verifikasi kedua sebesar 0,92% yang artinya hasil verifikasi dengan nilai prediksi mengalami penyimpangan hasil sebesar 0,92%, maka kesesuaian antara hasil verifikasi dengan nilai prediksi sebesar 99,08%. Simpangan diperoleh dari nilai prediksi dibagi dengan hasil verifikasi dikali 100%, lalu 100% dikurangi dengan hasil sebelumnya. Hasil kesesuaian dari tingkat kecerahan lebih dari 95% yang artinya hasil verifikasi tingkat kecerahan dapat diterima dengan selang kepercayaan 95%. Hal ini sesuai dengan pernyataan Wu *et al.*, (2006) bahwa nilai verifikasi dan nilai penelitian tidak lebih dari 5% mengindikasikan bahwa model tersebut cukup tepat dan solusi variabel bebas yang diberikan program *Design Expert* dapat diterima.

Tabel 4.8 Data hasil uji fisik kondisi optimum

Parameter	Hasil
Tingkat kecerahan (%)	69,50
Kuat tarik (kN/m ²)	14,71
Gramatur (gr/cm ²)	282
Ketebalan (mm)	0,88
Kadar air (%)	6,5

Selain analisis respon, hasil optimum juga dilakukan pengamatan pada beberapa uji fisik meliputi kadar air, gramatur, dan ketebalan kertas. Hasil uji fisik beberapa parameter dapat dilihat pada **Tabel 4.8**. Analisa terhadap kondisi optimum bertujuan mengetahui karakteristik lain dari kertas seni. **Tabel 4.8** menunjukkan tingkat kecerahan sebesar 69,50% dan kuat tarik sebesar 14,71 kN/m² sebagai hasil verifikasi. Nilai gramatur kertas seni sebesar 282 gr/cm², sedangkan untuk ketebalan dan kadar air berturut sebesar 0,88 mm dan 6,5%.

4.6 Perbandingan Perlakuan Optimum dan Kontrol

Perlakuan terbaik pada penelitian ini didapatkan dari hasil verifikasi optimasi pada perlakuan lama waktu *bleaching* 150 menit dan kadar H₂O₂ 15%. Hasil tersebut dianalisa secara fisik kemudian dibandingkan dengan kontrol dan literatur. Perbandingan perlakuan terbaik dan kontrol dapat dilihat pada **Tabel 4.9**.

Tabel 4.9 Perbandingan kertas perlakuan terbaik dengan kontrol kertas *frame photo* dan kertas tanpa *bleaching*

Parameter	Perlakuan Terbaik	Kertas Tanpa <i>Bleaching</i>	<i>Frame Photo</i> dipasaran
Kuat tarik (kN/m ²)	14,71	44,13	2,94
Tingkat kecerahan (%)	69,50	62,46	61,54
Gramatur (gr/cm ²)	282	320	250
Ketebalan (mm)	0,88	1,2	0,3
Kadar air (%)	6,5	6,5	7

Kertas *frame photo* yang digunakan kontrol yaitu kertas yang berasal dari kertas daur ulang kardus. Ukuran *frame photo* yang digunakan berukuran 2R (6 cm x 9cm). Jenis *frame photo* yang digunakan yaitu *frame photo* gantung. Kertas *frame photo*, kertas seni perlakuan terbaik dan kertas seni tanpa *bleaching* dapat dilihat pada **Lampiran 9. Tabel 4.9** menunjukkan adanya perbedaan antara kuat tarik, tingkat kecerahan, gramatur,

ketebalan dan kadar air pada kertas perlakuan terbaik dengan kertas *frame photo* di pasaran.

Kuat tarik pada kertas *frame photo* sebesar 2,94, kertas seni perlakuan terbaik sebesar 14,71 dan pada kertas tanpa *bleaching* sebesar 44,13. Perbedaan kuat tarik pada tiga jenis kertas dikarenakan pada kertas *frame photo* kertas yang digunakan yaitu kertas kardus bekas yang merupakan serat sekunder yang memiliki jenis serat pendek sehingga memiliki kuat tarik yang lebih rendah. Menurut PT Harpackindo Ottoflexi (2016) serat pendek pada kardus yaitu 0,7 – 1 mm, sedangkan pada kertas perlakuan terbaik dan kertas tanpa *bleaching* memiliki kuat tarik yang lebih tinggi daripada kertas *frame photo* karena terdapat serat pinang sirih pada kertas yang memiliki jenis serat yang panjang yaitu 3-4 cm. Menurut Nurhidayah (2017) ada 3 klasifikasi panjang serat, yaitu serat panjang >2 mm, serat sedang 1 – 2 mm dan serat pendek <1 mm. Kertas perlakuan terbaik dan kertas tanpa *bleaching* memiliki serat yang panjang, sehingga memiliki kuat tarik yang lebih kuat dari kertas *frame photo* yang memiliki serat pendek dari kertas kardus bekas. Indrawan, *et al* (2015) menyatakan bahwa untuk pengolahan *pulp* pembuatan kertas, serat yang dikehendaki untuk pembuatan kertas adalah memiliki serat panjang yang memiliki pengaruh positif terhadap sifat kuat tarik lembaran kertas.

Kuat tarik kertas *frame photo* lebih rendah dari dua kertas lainnya juga dikarenakan perbedaan ketebalan dan gramatur, sehingga mempengaruhi kuat tarik yang berbeda. Perbedaan gramatur disebabkan karena jumlah bahan masukan yang berbeda sehingga mempengaruhi pada ketebalan dan kuat tarik. Sugiarto (2013) menyatakan gramatur mempengaruhi kuat tarik kertas, semakin tinggi gramatur, kertas yang dihasilkan semakin tebal. Semakin tebal kertas maka kuat tarik yang dihasilkan juga tinggi.

Kertas tanpa *bleaching* memiliki kuat tarik yang lebih tinggi 3 kali lipat daripada kertas perlakuan terbaik. Hal ini dikarenakan pada kertas tanpa *bleaching* masih memiliki lignin yang terkandung dalam serat. Lignin memiliki sifat yang mengikat dan perekat antar serat, sehingga kuat tarik kertas

tanpa *bleaching* lebih tinggi dari kertas seni perlakuan terbaik karena serat-serat yang ada saling mengikat, sedangkan pada kertas seni perlakuan terbaik telah melewati proses pemutihan yang bertujuan menghilangkan sisa lignin pada serat sehingga mengurangi daya ikat dan rekat antar serat yang mempengaruhi kuat tarik yaitu kuat tarik menurun. Hal ini sesuai dengan penelitian Suryanto *et al* (2017) yaitu kuat tarik pada serat menurun karena lignin yang bertindak sebagai pengikat antar serat terlalu banyak dilarutkan. Akibatnya jumlah pengikat mikrofibril di dalam serat juga berkurang. Pengurangan lignin di dalam serat menyebabkan area penampang serat yang tidak sempurna dan dengan hal tersebut menurunkan kuat tarik serat.

4.7 Neraca Massa Proses Pembuatan Kertas Berbahan Dasar Serabut Pinang Sirih dan Kertas Kardus Bekas

Neraca massa digunakan untuk melihat jumlah aliran bahan yang masuk dengan bahan yang keluar dalam suatu proses berdasarkan hukum kekekalan massa yaitu jumlah aliran masuk sama dengan jumlah aliran keluar. Prinsip dasar yang digunakan apabila dalam suatu proses tidak ada akumulasi dalam peralatan prosesing, maka jumlah bahan yang masuk akan sama dengan jumlah bahan yang keluar (Andersen *et al*, 2015). Perhitungan neraca massa dilakukan pada kondisi optimal yaitu pada lama waktu *bleaching* 150 menit dengan kadar H_2O_2 15%.

Perhitungan neraca massa dilakukan pada proses pembuatan *pulp* serat pinang sirih hingga menjadi kertas seni. Proses pembuatan *pulp* dan kertas seni dapat dilihat pada **Lampiran 7**. Pinang sirih yang dibeli sebanyak 1 kg dan sampel yang akan dibuat sebanyak 17 sampel maka akan ada sisa serat pinang sirih yang tidak terpakai. Pada saat dilakukan pembersihan buah pinang sirih dihasilkan serat pinang sirih sebanyak 558 gram, tangkai 108 gram, biji 250 gram, kulit 56 gram dan mahkota 27 gram. Bagian dari buah pinang yang digunakan hanya serat, sedangkan yang lain tidak digunakan. Serat yang sudah dikumpulkan lalu diangin-anginkan selama 24 jam dan menghasilkan serat pinang sirih kering sebanyak 220 gram. Berat pinang sirih kering yang dibutuhkan untuk satu

sampel sebanyak 10 gram, maka serat yang dibutuhkan sebanyak 170 gram, sedangkan sisanya sebanyak 50 gram tidak terpakai.

Pemasakan serat pinang sirih menggunakan NaOH 25% selama 90 menit dengan berat pinang sirih kering 10 gram. Pemasakan serat pinang sirih menggunakan perbandingan antara berat serat pinang sirih dan larutan NaOH 1:20 yang artinya setiap 1 gram serat pinang sirih memerlukan larutan NaOH 25% sebanyak 20 kali lipat berat bahan. Maka perhitungan untuk pemasakan yaitu:

Berat pinang sirih kering : Larutan NaOH 25%
1 : 20

10 gram serat pinang sirih : 200 ml larutan NaOH 25%

Larutan NaOH 25% digunakan untuk proses delignifikasi dengan tujuan menghilangkan lignin yang terkandung pada serat pinang sirih. Larutan NaOH 25% yang diperlukan sebanyak 200 ml. Perhitungan pembuatan larutan NaOH 25% yaitu:

Gram = molaritas x V x mr NaOH

25 = molaritas x 0,1 L x 40 gr/mol

$$M = \frac{25}{0,1 \times 40}$$

M = 6,25 mol/L

Sehingga padatan NaOH yang dibutuhkan yaitu:

Gram = molaritas x V x mr NaOH

Gram = 6,25 x $\frac{200}{1000}$ x 40

Gram = 50 gram NaOH padat

Serat pinang sirih hasil pemasakan dihaluskan menggunakan blender dengan penambahan air sebanyak 300 ml dan menghasilkan *pulp* sebanyak 20,5 gram. Selain serat pinang sirih, kertas kardus bekas juga dilakukan perhitungan neraca massa. Kertas kardus bekas yang tersedia sebanyak 500 gram dan sampel yang dibutuhkan sebanyak 17 sampel. Kertas kardus bekas yang dibutuhkan untuk satu sampel sebanyak 10 gram, maka kertas kardus bekas yang dibutuhkan sebanyak 170 gram dan sisa kertas kardus bekas sebanyak 330 gram. Kertas kardus bekas sebanyak 10 gram dihaluskan

dengan penambahan air sebanyak 300 ml, menghasilkan *pulp* sebanyak 26,5 gram.

Pencampuran *pulp* pinang sirih 19 gram dengan *pulp* kertas kardus bekas 26,5 gram membutuhkan air sebanyak 300 ml, maka akan menghasilkan *pulp* campuran sebanyak 345,5 gram. *Pulp* campuran disaring menggunakan kais saring menghasilkan *pulp* seberat 45 gram. Kemudian *pulp* dibleaching menggunakan H_2O_2 sebanyak 15% dari berat *pulp*, maka H_2O_2 yang dibutuhkan sebanyak 6,75 ml dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} H_2O_2 \text{ yang dibutuhkan} &= 15\% \times \text{berat } pulp \\ &= 15\% \times 45 \text{ gram} \\ &= 6,75 \text{ ml } H_2O_2 \end{aligned}$$

Pada proses pencetakan kertas, *pulp* ditambah dengan air sebanyak 1000 ml untuk mempermudah dalam pencetakan kertas seni. Neraca massa secara lengkap dapat dilihat pada **Lampiran 6**. Hasil kertas seni dapat dilihat pada **Lampiran 8**.

4.8 Perhitungan Kalor

Pada penelitian pembuatan kertas seni perpindahan panas terjadi pada proses delignifikasi pada pembuatan pulp dari serat pinang sirih dan pada proses pemasakan pada saat proses *bleaching*. Panas yang terjadi pada proses delignifikasi serat pinang sirih dan pada proses pemasakan saat *bleaching* karena adanya perpindahan panas dari *hot plate* ke tempat yang bersuhu rendah yaitu daerah pemasakan serat pinang sirih dan pada saat *bleaching*. Proses perpindahan panas yang terjadi pada pemasakan serat pinang sirih dan pada proses *bleaching pulp* campuran yaitu perpindahan panas secara konduksi. Menurut Rokhimi *et al.* (2015) perpindahan panas secara konduksi yaitu proses perpindahan panas dari suatu bagian benda padat ke bagian lainnya. Perpindahan secara konduksi menghantarkan molekul-molekul benda yang diletakkan di atas panas membentur molekul-molekul yang berada didekatnya dan memberikan panasnya. Rumus perhitungan panas yaitu:

$$Q = m \times c \times \Delta t$$

Keterangan:

Q = Kalor (Joule)

M = Massa benda (Kg)

c = Kalor jenis

Δt = Perubahan suhu ($T_2 - T_1$)

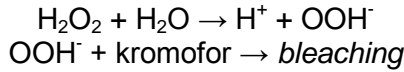
Proses delignifikasi serat pinang sirih menggunakan 50 gram NaOH padat dalam 200 ml H₂O dengan suhu awal sebesar 25°C dan suhu akhir 62°C. Kemudian 500 ml air ditambahkan pada larutan NaOH dengan suhu awal 62°C dan suhu akhir 40°C. Setelah itu 10 gram serat pinang sirih kering ditambahkan pada campuran air isi ulang dan NaOH, pencampuran tersebut tidak mengalami perubahan suhu dan dapat dikatakan sebagai proses adiabatik. Setelah semua tercampur lalu dipanaskan dengan *hotplate* dan diketahui suhu awal 40°C dan suhu akhir 100°C Menurut Kane dan Sternheim (1991) kalor jenis air sebesar 4200 J/Kg°C dan kalor jenis kayu sebesar 1700 J/Kg°C. Panas (kalor) pada saat proses delignifikasi serat pinang sirih merupakan Q total dari $Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$ yaitu sebesar 121130,016 Joule. Perhitungan panas (kalor) proses delignifikasi serat pinang sirih dapat dilihat pada **Lampiran 10**.

Proses *bleaching pulp* serat pinang sirih dan *pulp* kertas kardus bekas menggunakan 15% H₂O₂ kemudian ditambahkan 500 ml air tidak mengalami perubahan suhu dan dapat dikatakan sebagai proses adiabatik. Kemudian ditambahkan 45 gram serat pada campuran tersebut, campuran tersebut tidak mengalami perubahan suhu dan dapat dikatakan sebagai proses adiabatik. Menurut Mortimer (2000) adiabatik adalah sistem yang tidak mengalami perubahan suhu. Setelah semua tercampur lalu dipanaskan dengan *hotplate* dan diketahui suhu awal 26°C dan suhu akhir 80°C. Panas (kalor) pada saat proses *bleaching pulp* campuran yaitu sebesar 119102,3063 Joule. Perhitungan panas (kalor) proses *bleaching pulp* campuran dapat dilihat pada **Lampiran 11**.

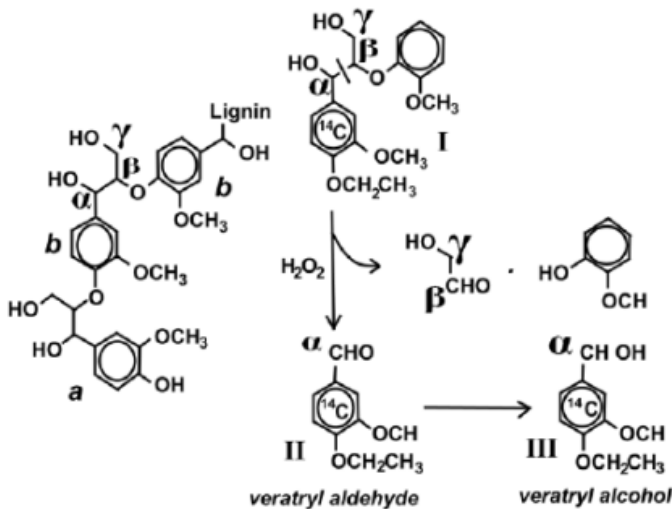
4.9 Reaksi pada Proses Pemutihan (*Bleaching*)

Proses pemutihan merupakan proses menghilangkan warna yang terkandung pada serat akibat adanya lignin pada *pulp* dengan bantuan bahan kimia. Bahan kimia yang digunakan pada proses pemutihan adalah hidrogen peroksida (H₂O₂).

Hidrogen peroksida merupakan bahan pemutih ramah lingkungan dan memiliki warna putih yang stabil. Reaksi yang terjadi pada proses pemutihan menggunakan H_2O_2 sebagai berikut:



Hidrogen peroksida di dalam air terurai menjadi ion H^+ dan OOH^- . Ion OOH^- merupakan oksidator kuat yang berperan pada proses pemutihan *pulp* karena warna pada serat alam merupakan senyawa organik yang mempunyai ikatan rangkap dapat dioksidasi menjadi senyawa yang lebih sederhana, sehingga *pulp* menjadi putih. OOH^- mengoksidasi unit non-fenolik lignin. Reaksi yang terjadi antara OOH^- dengan kromofor yang berasal dari lignin menghasilkan *pulp* yang putih. Menurut Jayanudin (2009) kromofor yang ada pada lignin merupakan ikatan rangkap antar karbon ($C=C$) dan ikatan rangkap antar karbon dengan oksigen ($C=O$). Reaksi penguraian lignin menggunakan H_2O_2 akan menghasilkan *pulp* yang putih dan dapat dilihat pada **Gambar 4.9**.



Gambar 4.9 Reaksi penguraian lignin menggunakan H_2O_2

Lignin tersusun dari 90% unit non-fenolik dan senyawa aromatik. Penguraian lignin dimulai dari hidrogen peroksida mengoksidasi unit non fenolik pada lignin melalui pelepasan satu elektron cincin aromatik dan membentuk radikal kation aril. Menurut Suparjo (2008) H_2O_2 sebagai katalis oksidasi substruktur lignin yang artinya H_2O_2 adalah suatu zat yang digunakan untuk mempercepat reaksi kimia yaitu mengoksidasi (melepas elektron) substruktur lignin. Selanjutnya hidrogen peroksida memutus ikatan $C\alpha-C\beta$ molekul lignin yang merupakan jalur utama perombakan lignin oleh hidrogen peroksida. Hidrogen mengkatalis suatu oksidasi senyawa aromatik non fenolik dengan perubahan veratril aldehid menjadi veratril alkohol, sehingga *pulp* menjadi putih.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil respon pada penelitian dapat disimpulkan bahwa perlakuan optimal pada proses *bleaching* yaitu pada kombinasi lama waktu *bleaching* 150 menit dengan kadar penambahan H_2O_2 15% yang menghasilkan kertas seni dengan kuat tarik $14,71 \text{ kN/m}^2$, tingkat kecerahan 69,50%, gramatur 282 gr/cm^2 , ketebalan kertas 0,88 mm dan kadar air 6,5%.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian pembuatan kertas seni pada skala laboratorium yaitu:

1. Penambahan lem pada proses pembuatan kertas dapat menjadi salah satu alternatif untuk meningkatkan kuat tarik kertas seni.
2. Perlu adanya pengendalian suhu pada saat pengeringan kertas dan pengeringan serat pinang sirih agar kertas dapat kering secara merata pada setiap sisi, sehingga kualitas kertas yang dihasilkan bagus.
3. Perlu adanya pengendalian pada saat pencetakan kertas agar kertas yang dihasilkan memiliki keseragaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamopoulos, S., Martinez, E dan Ramirez, D. 2007. **Characterization Of Packaging Grade Papers From Recycle Raw Materials Through The Study Of Fibre Morphology and Composition**. *Global NEST Journal*. Vol. 9(1): 20-28.
- Andersen, M., Stenseng, L., Skourup, H., Colgan, W., dan Khan, S. **Basic-Scale Partitioning of Greenland Ice Sheet Mass Balance Components**. *Journal Earth and Planetary*. Vol. 409(14): 89-95.
- Asghar, A., Raman, A dan Daud, W. 2014. **A Comparison of Central Composite Design and Taguchi Method for Optimizing Fenton Process**. *The Scientific World Journal*. Hindawi Publishing Corporation. Malaysia.
- Asngad, A., Siti, I dan Siska, S. 2016. **Pemanfaatan Kulit Kacang dan Bulu Ayam Sebagai Bahan Alternatif Pembuatan Kertas Melalui Chemical Pulping dengan Menggunakan NaOH dan CaO**. *Jurnal Bioeksperimen*. Vol. 2(1): 25-34.
- Ayunda, V., Humaidi, S dan Barus, D. 2014. **Pembuatan dan Karakterisasi Kertas dari Daun Nanas dan Eceng Gondok**. Departemen Fisika. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Bahri, S. 2015. **Pembuatan Pulp dari Batang Pisang**. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. Vol 4(2): 36-50.
- Bas, D dan Boyaci, I. 2007. **Modeling and Optimization I: Usability Of Response Serface Methodology**. *Journal Of Food Engineering*. Vol. 78(3): 836-845.
- Basuki, E., Widyadhana, A dan Wika, B. 2015. **Perhitungan Neraca Massa pada Proses Franknisasi di PT Wilmar Nabati Indonesia Gresik**. *Jurnal Rekapangan*. Vol. 9(2): 1-7.
- Coniwati, P., Anka, M dan Sanders, C. 2015. **Pengaruh Konsentrasi, Waktu dan Temperatur Terhadap Kandungan Lignin pada Proses Pemutihan Bubur Kertas Bekas**. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol. 3(21): 50-58.

- Cho, I dan Zoh, K. 2007. **Photocatalytic Degradation Of Azo Dye (Reactive Red 120) In TiO₂/UV System: Optimization and Modeling Using a Response Surface Methodology (RSM) Based On The Central Composite Design**. *Journal Dyes and Pigments*. Vol. 75(3): 533-543.
- Daud, M., Safii, W dan Syamsu, K. 2012. **Biokonversi Bahan Berlignoselulosa Menjadi Bioetanol Menggunakan *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cereviciae***. *Jurnal Perennial*. Vol. 8(2): 43-51.
- Demirel, M dan Kayan, B. 2012. **Application Of Response Surface Methodology and Central Composite Design For The Optimization Of Textile Dye Degradation By Wet Air Oxidation**. *International Journal of Industrial Chemistry*. Vol. 24(3): 1-10.
- Desai, R., Krishnamurthy, L dan Shridhar, T. 2016. **Effectiveness Of Areca (Betel) Fiber As A Reinforcing Material In Eco-Friendly Composite: A Review**. *Indian Journal Of Advances In Chemical Science*. Vol. 3(12): 27-33.
- Firlan, F. 2011. **Mengemas Limbah Kertas Menjadi Bisnis Berkelas**. Dilihat 22 Maret 2018. <<https://sains.kompas.com/read/2011/07/15/09003278/mengemas.limbah.kertas.jadi.bisnis.berkelas>>.
- Sugiarto, E. 2013. **Pemanfaatan Serat Pelepeh Nipah (*Nypa fruticans*) Sebagai Bahan Baku Alternatif Pembuatan Kertas Seni (Kajian Proporsi Bahan Baku dan Perekat)**. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Syaichurrozi, I., Karina, A dan Imanuddin, A. 2014. **Kajian Performa Alat Penukar Panas *Plate and Frame*: Pengaruh Laju Aliran Massa, Temperatur Umpan dan Arah Aliran Terhadap Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh**. *Jurnal Eksergi*. Vol. 11(2): 11-18.
- Gupta, S dan Manohar, C. 2004. **An Improved Response Surface Method For The Determination of Failure Probability and Importance Measures**. *Structural Safety*. Vol. 26(2): 123-139.

- Hu, H., Jin, H dan Chai, X. 2012. **Rapid Determination Of Hydrogen Peroxide In Pulp Bleaching Effluents By Headspace Gas Chromatography.** *Journal of Chromatography A*. Vol. 1235(22): 182-184.
- Hunggurani, E., Tri, M dan Lau, M. 2015. **Penguujian Kuat Tekan dan Kuat Lentur Material Pengganti Kayu dengan Campuran Serat Nilon.** *Jurnal Teknik Sipil*. Vol. 4(2): 209-2016.
- Ibrahim, R. 2003. **Structural, Mechanical and Optical Properties of Recycled Paper Blended with Oil Palm Empty Fruit Bunch Pulp.** *Journal of Oil Palm Research*. Vol. 15(2): 29-35.
- Imam, G. 2011. **Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 19.** Badan Penerbit Universitas Diponegoro. Semarang.
- Indrawan, D., Efiyanti, L., Tampubolon, R dan Roliadi, H. 2015. **Pembuatan Pulp untuk Kertas Bungkus dari Bahan Serat Alternatif.** *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. Vol. 33(4): 283-302.
- Jaiswal, P., Kumar, P., Singh, V dan Singh, D. 2011. **Areca catechu L.: A Valuable Herbal Medicine Against Different Health Problems.** *Research Journal of Medicine Plant*. Vol. 5(2): 145-152.
- Jayanudin. 2009. **Pemutihan Daun Nanas Menggunakan Hidrogen Peroksida.** *Jurnal Rekayasa Proses*. Vol. 3(1): 10-14.
- Kane, J dan Sternheim, M. 1991. **General Physics.** Wiley. New York.
- Kaymaz, I dan McMahan, C. 2005. **A Response Surface Method Based On Weighted Regression For Structural Reliability Analysis.** *Probabilistic Engineering Mechanics*. Vol 20(1): 11-17.
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. 2012. **Kajian Penggunaan Kertas Daur Ulang (Waste Paper) sebagai Bahan Baku Indutri Kertas.** Balai Besar Pulp dan Kertas Kementerian Perindustrian.

- repository.ub.ac.id
- Kementrian Pertanian Republik Indonesia. 2014. **Statistik Perkebunan Indonesia: Tanaman Rempah dan Penyegar**. Direktorat Jenderal Perkebunan. Jakarta.
- Kementrian Perdagangan Republik Indonesia. 2017. **Warta Ekspor: Peluang Ekspor Gambir dan Biji Pinang**. Direktorat Jenderal Perdagangan. Jakarta.
- Lestari, R dan Sari, D. 2016. **Pengaruh Konsentrasi H₂O₂ Terhadap Tingkat Kecerahan Pulp dengan Bahan Baku Eceng Gondok Melalui Proses Organosolv**. Jurnal Integrasi Proses. Vol. 6(1): 45-49.
- Li, L., Lee, S., Lee, H dan Youn, H. 2011. **Hydrogen Peroxide Bleaching of Hardwood Pulp with Adsorbed Birch Xylan and Its Effect On Paper Properties**. *Journal BioResourcess*. Vol. 6(1): 721-736.
- Mandegani, G., Sumarto, H dan Perdana, A. 2016. **Kertas Seni Berbahan Limbah Pewarna Alam Rumput Laut Jenis Sargassum, Ulva dan pelepah Pisang Abaka**. Jurnal Dinamika Kerajinan dan Batik. Vol. 33(1): 33-44.
- Masriani, R dan Nurachman, Z. 2012. **Modifikasi Serat Kertas Bekas Menggunakan Endoglukanase EgIII**. Jurnal Selulosa. Vol. 2(2): 53-60.
- Moeksin, R., Rata, B dan Kusuma, N. 2009. **Pengaruh Pemutihan Terhadap Warna Pulp dari Ampas Tebu**. Jurnal Teknik Kimia. Vol. 16(3): 31-34.
- Morshedi, A dan Akbarian, M. 2014. **Aplication Of Response Surface Methodology: Design Of Experiments And Optimization: A Mini Review**. *Indian Journal Of Fundamental and Applied Life Sciences*. Vol. 4(S4): 2434-2439.
- Mortimer, R. 2000. **Physical Chemistry**. Academic Press. USA.
- Mulyawan, M., Setyowati, E dan Widjaja, A. 2015. **Surfaktan Sodium Ligno Sulfonat (SLS) dari Debu Sabut Kelapa**. Jurnal Teknik ITS. Vol. 4(1): 1-3.
- Nurhidayah. 2017. **Variasi Massa Pulp dari Campuran Tongkol Jagung dan Kulit Jagung dengan Penambahan Binder Kulit Singkong utuk Pembuatan Kertas Komposit**. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. Makassar.

- repository.ub.ac.id
- Ohyver, M. 2010. **Least Squares In Glingerol Data**. Jurnal ComTech. Vol. 1(1): 39-47.
- Panjaitan, R. 2008. **Penggunaan Tanaman Kelapa, Pinang dan Aren Sebagai Tanaman Obat**. Jurnal Warta Puslitbang. Vol. 13(3): 1-11.
- Paskawati, Y., Susyana., Antaresti dan Retnoningtyas, E. 2010. **Pemanfaatan Sabut Kelapa Sebagai Bahan Baku Pembuatan Kertas Komposit Alternatif**. Jurnal Widya Teknik. Vol. 9(1): 12-21.
- Prasetyawati, D. 2015. **Pemanfaatan Kulit Jagung dan Tongkol Jagung (*Zea mays*) Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Kertas Seni Dengan Penambahan Natrium Hidroksida (NaOH) dan Pewarna Alami**. Skripsi. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- PT Harpackindo Ottoflexi. 2016. **Category Archives: Packaging**. Dilihat 26 Agustus 2018. <<http://www.harpackindo.id/?cat=12>>.
- Purnawan, C., Hilmiyana, D., Wantini dan Fatmawati, E. 2012. **Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Untuk Pembuatan Kertas Dekorasi Dengan Metode Organosolv**. Jurnal EKOSAINS. Vol. 4(2): 1-6.
- Purnavita, S., Sutanti, S dan Haryanto, P. 2017. **Pembuatan Kertas Seni dari Eceng Gondok Di KWT Sekar Melati dan I Boni**. Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat. Vol. 8(1): 39-43.
- Putra, I. 2008. **Pengaruh Variasi Jumlah Jenis Air Pencuci Terhadap Soda Loss dan % Solid Pada Proses Washing Pulp**. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Ramadhani, R., Riyadi, D., Triwibowo, B dan Kusumaningtyas, R. 2017. **Review Pemanfaatan Design Expert untuk Optimasi Komposisi Campuran Minyak Nabati sebagai Bahan Baku Sintesis Biodiesel**. Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan. Vol. 1(1): 11-16.
- Riama, G., Veranika, A dan Prasetyowati. **Pengaruh H₂O₂, Konsentrasi NaOH dan Waktu Terhadap Derajat Putih**

- Pulp dari Mahkota Nanas.** Jurnal Teknik Kimia. Vol. 3(18): 25-33.
- Rokhimi, I dan Pujayanto. 2015. **Alat Peraga Pembelajaran Laju Hantaran Kalor Konduksi.** Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika. Vol. 6(1): 270-274.
- Sari, F dan Fatriasari, W. 2016. **Studi Tekno-Ekonomi dan Analisa Kelayakan Produksi Kertas Seni dari Kertas Bekas di Cibinong Science Center-Botanical Garden (CSC-BG).** Prosiding Seminar Lignoselulosa. Pusat Penelitian Biomaterial, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Cibinong Science Center. Hal: 51-61.
- Septiningrum, K dan Apriana, C. 2011. **Produksi Xilanase Dari Tongkol Jagung Dengan Sistem Bioproses Menggunakan *Bacillus circulans* Untuk Pra-Pemutihan Pulp.** Jurnal Riset Industri. Vol. 5(1): 87-97.
- Sheikhi, P., Asadpour, G., Zabihzadeh, S dan Amoe, N. 2013. **An Optimum Mixture of Virgin Bagasse Pulp and Recycled Pulp (OCC) for Manufacturing Fluting Paper.** Journal BioResources. Vol.8(4): 5871-5883.
- SNI 14-4737-1998. **Cara Uji Ketahanan Tarik Kertas dan Karton.** Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 14-0436-1989. **Cara Uji Gramatur.** Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 08-7070-2005. **Cara Uji Kadar Air Metode Pemanasan dalam Oven.** Badan Standarisasi Nasional.
- Sucipto, Wijana, S dan Wahyuningtyas, E. 2009. **Optimasi Penggunaan NaOH dan Tapioka Pada Produksi Kertas Seni dari Pelepeh Pisang.** Jurnal Teknologi Pertanian. Vol. 10(1): 46-53.
- Sugiarto, E. 2013. **Pemanfaatan Serat Pelepeh Nipah (*Nypa fruticans*) Sebagai Bahan Baku Alternatif Pembuatan Kertas Seni (Kajian Proporsi Bahan Baku dan Perekat).** Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya.
- Sulastri, T. 2009. **Analisis Kadar Tanin Ekstrak Air dan Ekstrak Etanol pada Biji Pinang Sirih (*Areca catechu* L.).** Jurnal chemica. Vol. 10(1): 59-63.

- Sun, Y., Liu, J dan Kennedy, J. 2010. ***Application Of Response Surface Methodology For Optimization Of Polysaccharides Production Parameters From The Roots Of *codonopsis pilosula* By A Central Composite Design.*** *Journal Carbohydrate Polymers*. Vol. 80(3): 949-953.
- Suparjo. 2008. **Degradasi Komponen Lignoselulosa Oleh Kapang Pelapuk Putih.** Alfabeta. Bandung.
- Suryanto, H., Fikri, A., Permanasari, A., Yunuhar, U dan Sukardi. 2017. ***Pulsed Electrical Field Assisted Extraction of Cellulose From Mendong Fiber (*Fimbristylis globulosa*) and Its Characterization.*** *Journal of Natural Fibers*. Vol. 34(11).
- Sutyasmi, S. 2012. **Daur Ulang Limbah *Shaving* Industri Penyamakan Kulit Untuk Kertas Seni.** *Jurnal Kulit, Karet dan Plastik*. Vol. 28(2): 113-121.
- Syamsu, K., haditjaroko, L., Pradikta, G dan Roliadi, H. 2014. **Campuran Pulp Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Selulosa Mikrobial *Nata de Cassava* dalam Pembuatan Kertas.** *Jurnal Ilmu Pertanian*. Vol. 19(1): 14-21.
- Tutus, A. 2004. ***Bleaching of Rie Straw Pulps with Hydrogen Peroxide.*** *Pakistan Journal of Biological Sciences*. Vol. 8(1): 1327-1329.
- Wani, T., Ahmad, A., Zargar, S., Khalil, N dan Darwish, I. 2012. ***Use Of Response Surface Methodology For Development Of New Microwell-Based Spectrophotometric Method For Determination Of Atrovastatin Calcium In Tablets.*** *Chemistry Central Journal*. Vol.134(6): 1-9.
- Willy, D dan Yahya, M. 2001. **Kardus Sebagai Bahan Baku Furnitur Murah.** Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Wiratmaja, I., Kusuma, I dan Winaya, I. 2011. **Pembuatan Etanol Generasi Kedua Dengan Memanfaatkan Limbah Rumput Laut *Eucheuna Cottoni* Sebagai Bahan Baku.** *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*. Vol. 5(1): 75-84.
- Wu, Shaowen, C. Ford dan G. Horn. 2009. ***Patent application number: 20090246343: Stable Natural Color Process, Products and Use Thereof.***

- repository.ub.ac.id
- Yuwono, S dan Susanto, T. 1998. **Pengujian Fisik Pangan**. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Yosephine, A., Gala, V., Ayucitra, A dan Retnoningtyas, E. 2012. **Pemanfaatan Ampas Tebu dan Kulit Pisang dalam Pembuatan Kertas Serat Campuran**. Jurnal Teknik Kimia Indonesia. Vol. 11(2): 95-100.
- Zulfa, R. 2016. **Kertas Seni Dari Pelepah Tanaman Salak Melalui *Biochemical Pulping* Kultur Campuran JPP (*Trametes versicolor* dan *Pleurotus ostreatus*) dengan Variasi Konsentrasi NaOH**. Skripsi. Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.