

**SKRIPSI**  
**ANALISIS PENGARUH KONSENTRASI OZON PADA**  
**PROSES OZONISASI SERAT KAPUK TERHADAP SIFAT**  
**FISIK, KOMPOSISI DAN MORFOLOGI SERAT**

**Disusun dan Diajukan Oleh:**

**MUHAMMAD RIJAL**

**D021181341**



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2023**

**SKRIPSI**  
**ANALISIS PENGARUH KONSENTRASI OZON PADA**  
**PROSES OZONISASI SERAT KAPUK TERHADAP SIFAT**  
**FISIK, KOMPOSISI DAN MORFOLOGI SERAT**

**Disusun dan Diajukan Oleh:**

**MUHAMMAD RIJAL**

**D021181341**



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2023**

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

### ANALISIS PENGARUH KONSENTRASI OZON PADA PROSES OZONISASI SERAT KAPUK TERHADAP SIFAT FISIK, KOMPOSISI DAN MORFOLOGI SERAT

Disusun dan diajukan oleh

Muhammad Rijal

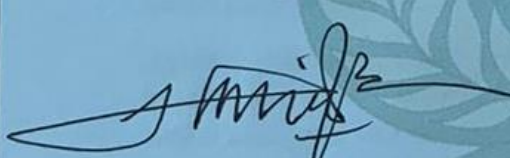
D021 18 1341

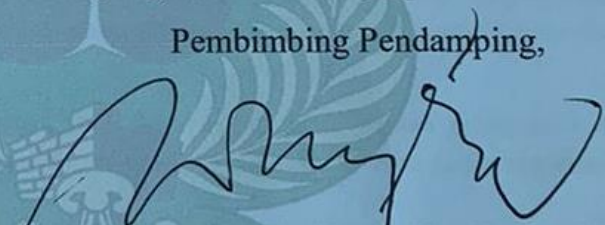
Telah dipertahankan dihadapan panitia ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi program sarjana program studi teknik mesin fakultas teknik universitas hasanuddin pada tanggal 22 Agustus 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,


Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

  
Dr. Hairul Arsyad, ST., M.T  
NIP 19750322 200212 1 001

  
Prof. Dr. Eng. Ir. Andi Erwin Eka Putra, S.T., M.T  
NIP 19711221 199802 1 001

Ketua Program Studi

  
Prof. Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT  
NIP 19720825200003 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Muhammad Rijal

NIM : D021 18 1341

Program Studi : Teknik Mesin

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Analisis Pengaruh Konsentrasi Ozon pada Proses Ozonisasi Serat Kapuk terhadap Sifat Fisik, Komposisi dan Morfologi Serat

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambilalihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasikan oleh penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari dosen pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil dari karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 22 Agustus 2023

Yang menyatakan



Muhammad Rijal

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Pengasih atas segala limpahan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan Skripsi ini dengan baik. Shalawat serta salam tidak lupa kami haturkan kepada baginda Nabi Muhammad Sallallahu Alaihi Wasallam. Nabi sang Revolusioner Islam pembawa panji-panji kebenaran, pembawa cahaya ilmu pengetahuan yang terus berkembang hingga kita merasakan nikmatnya hidup zaman ini.

Pada penulisan skripsi ini, penulis tentu tak lepas dari pengarahan dan bimbingan dari berbagai pihak dan tidak lepas dari hambatan. Namun, semua itu merupakan proses yang harus dilalui, menjadikan penulis sebagai bentuk pelajaran dan pengalaman selama melaksanakan penelitian ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta Ayah Jufri dan ibu tercinta Taju dan juga kepada saudara saya Asrul dan Alfian yang telah membantu, memberi nasehat, motivasi dan semangat untuk penulis dalam menyelesaikan skripsi ini
2. Bapak Dr. Hairul Arsyad, ST., MT selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan arahan, bimbingan kepada penulis sehingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan.
3. Bapak Prof. Dr.Eng. Ir. Andi Erwin Eka Putra, ST.,MT selaku dosen pembimbing kedua saya yang telah membantu dan memberikan arahan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Zulkifli Djafar, MT, dan Dr. Dr.Eng. Lukmanul Hakim Arma, S.T., M.T selaku dosen penguji saya yang memberikan saran-saran kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Prof. Dr. Eng. Jalaluddin ST., MT, Selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
6. Bapak dan Ibu dosen serta Staf Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Seluruh anak-anak REACTOR18 yang selalu memberikan motivasi dan dukungan selama perkuliahan.

8. Seluruh teman-teman IPPMP-UH 18 yang selalu memberikan support dan masukan.
9. Kepada Mutma'innah Hasan S.Pi yang selalu ada, memberikan masukan, support dan motivasi.

Demikian, penulis ucapkan terima kasih dan semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca maupun bagi penulis

Gowa, 2023

Penulis

## ABSTRAK

**MUHAMMAD RIJAL.** *Analisis Pengaruh Konsentrasi Ozon Pada Proses Ozonisasi Serat Kapuk Terhadap Sifat Fisik, Komposisi dan Morfologi Serat* (dibimbing oleh Dr. Hairul Arsyad, S.T., M.T dan Prof. Dr. Eng. Ir. Andi Erwin Eka Putra, S.T., M.T)

Sebagai salah satu jenis serat tanaman lignoselulosa yang penting, serat kapuk telah digunakan sebagai bahan penguat dalam matriks poliester melalui hibridisasi dengan kaca dan kain sisal. Selain itu, serat kapuk dapat mengurangi penyerapan air dari komposit serat TPCS/kapuk dan meningkatkan tegangannya pada beban maksimum. Serat kapuk adalah serat biji organik yang sangat lignifikasi dan terutama terdiri dari selulosa, lignin dan xilan. Untuk mengurangi kadar lignin, selulosa dan hemiselulosa pada kapuk dapat dilakukan dengan proses ozonisasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh konsentrasi ozon terhadap perubahan komposisi serat kapuk, untuk menganalisis pengaruh konsentrasi ozon terhadap sifat fisis serat kapuk dan untuk menganalisis pengaruh konsentrasi ozon terhadap morfologi serat kapuk. Untuk menentukan kadar lignin, hemiselulosa dan selulosa terlebih dahulu ditentukan kadar ADF dan NDF menggunakan metode Van Soest (1976), setelah itu dilakukan analisis Fourier Transform Infrared (FTIR) yang digunakan adalah IR Spirit SHIMADZU di Laboratorium Kimia Analisa dan Pengawasan Mutu Pangan. Berdasarkan data yang diperoleh, dapat diketahui bahwa pengurangan kadar lignin berbanding lurus dengan konsentrasi ozon dan berat kapuk yang digunakan. Untuk kadar selulosa proses ozonisasi tidak terlalu berpengaruh terhadap pengurangan kadar selulosa, dikarenakan selulosa dilindungi oleh lignin. Dan untuk kadar hemiselulosa, pengurangan kadar hemiselulosa berbanding lurus dengan konsentrasi ozon dan berbanding terbalik dengan berat kapuk yang digunakan. Semakin besar konsentrasi ozon yang digunakan maka saturasi warna dari kapuk berkurang, kemudian beratnya akan berkurang, dan massa jenisnya juga berkurang. Selain itu, konsentrasi ozon berpengaruh terhadap perubahan morfologi pada serat kapuk.

**Kata kunci :** Kapuk, Ozon ( $O^3$ ), Lignin, Hemiselulosa, Selulosa

**ABSTRACT**

**MUHAMMAD RIJAL.** *Analysis of the Effect of Ozone Concentration in the Ozonation Process of Kapok Fiber on Physical Properties, Composition, and Fiber Morphology (supervised by Dr. Hairul Arsyad, S.T., M.T and Prof. Dr. Eng. Ir. Andi Erwin Eka Putra, S.T., M.T)*

*As one of the important types of lignocellulosic plant fibers, kapok fiber has been used as a reinforcing material in polyester matrices through hybridization with glass and sisal fibers. Furthermore, kapok fiber can reduce water absorption of TPCS/kapok fiber composites and enhance its tensile strength at maximum load. Kapok fiber is an organic seed fiber that is highly lignified and primarily composed of cellulose, lignin, and xylan. To reduce the lignin content, cellulose and hemi-cellulose in kapok, an ozonation process can be employed. This research aims to analyze the effect of ozone concentration on the changes in kapok fiber composition, to analyze the effect of ozone concentration on the physical properties of kapok fiber, and to analyze the effect of ozone concentration on the morphology of kapok fiber. To determine the lignin, hemi-cellulose, and cellulose content, the ADF and NDF contents are determined using the Van Soest method (1976), followed by Fourier Transform Infrared (FTIR) analysis using the IR Spirit SHIMADZU in the Laboratory of Chemical Analysis and Quality Control of Food. Based on the obtained data, it can be observed that the reduction in lignin content is directly proportional to the ozone concentration and the weight of kapok used. For the cellulose content, the ozonation process does not significantly affect the reduction in cellulose content, as cellulose is protected by lignin. As for the hemi-cellulose content, the reduction in hemi-cellulose content is directly proportional to the ozone concentration and inversely proportional to the weight of kapok used. The higher the ozone concentration used, the lower the color saturation of kapok, subsequently reducing its weight and bulk density. Furthermore, the ozone concentration affects the morphological changes in kapok fiber.*

*Keywords: Kapok, Ozone (O<sub>3</sub>), Lignin, Hemicellulose, Cellulose*



## DAFTAR ISI

<b>SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>SAMPUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<i>Keywords: Kapuk, Ozone (O<sub>3</sub>), Lignin, Hemicellulose, Cellulose</i> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Penelitian .....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
2.1 Kapuk ( <i>Ceiba Pentandra</i> ) .....	7
2.2 Sifat Kapuk.....	9
2.3 Lignin .....	10
2.4 Struktur dan Berat Molekul Lignin .....	11
2.5 Ozon .....	12
2.6 Generator Ozon .....	13
2.7 Selulosa.....	14
2.8 Hemiselulosa .....	15
2.9 FTIR .....	16
2.10 Uji Morfologi.....	17
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>19</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	19
3.2 Alat dan Bahan .....	19
3.2.1 Alat.....	19

3.2.2	Bahan.....	24
3.3	Metode Pengambilan Data .....	24
3.3.1	Studi lapangan ( <i>Field Research</i> ).....	24
3.3.2	Studi kepustakaan ( <i>library research</i> ).....	24
3.4	Prosedur Penelitian.....	25
3.4.1	Analisis lignin, hemiselulosa dan selulosa.....	25
3.4.2	Analisis Fourier Trasform Infrared (FTIR).....	27
3.5	Flowchart Penelitian.....	28
3.6	Rencana dan Jadwal Penelitian .....	29
<b>BAB IV PEMBAHASAN.....</b>		<b>30</b>
4.1	Pengaruh Konsentrasi Ozon terhadap Perubaha Komposisi Serat Kapuk 30	
4.1.1	Pengaruh Konsentrasi Ozon Terhadap Perubahan Lignin .....	31
4.1.2	Pengaruh Konsentrasi Ozon Terhadap Perubahan Hemiselulosa ....	32
4.1.3	Pengaruh Konsentrasi Ozon Terhadap Perubahan Selulosa .....	33
4.2	Pengaruh Konsentrasi Ozon terhadap Sifat Fisis Serat Kapuk .....	34
4.2.1	Pengaruh Konsentrasi Ozon terhadap Warna Kapuk.....	34
4.2.2	Pengaruh Konsentrasi Ozon terhadap Berat Kapuk.....	35
4.3	Pengaruh Konsentrasi Ozon terhadap Morfologi Serat Kapuk. ....	36
4.4	Hasil Pengujian Fourier Trasform Infrared (FTIR).....	37
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>45</b>
5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran.....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>47</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>52</b>

**DAFTAR TABEL**

Tabel 1 Sifat kimia serat alam.....	9
Tabel 2 Sifat fisika serat alam.....	10
Tabel 3 Rencana dan Jadwal Penelitian .....	29
Tabel 4 Pengaruh konsentrasi ozon terhadap perubahan komposisi serat kapuk .	30
Tabel 5 Pengaruh konsentrasi ozon terhadap berat kapuk .....	35
Tabel 6 Hasil pengujian FTIR.....	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Struktur molekul lignin .....	11
Gambar 2 Pembentukan dan penghancuran ozon secara alami .....	12
Gambar 3 Representasi skematis dari generator ozon yang bekerja berdasarkan prinsip Dielectric Barrier Discharge (DBD).....	13
Gambar 4 Struktur selulosa.....	14
Gambar 5 Struktur hemiselulosa.....	16
Gambar 6 Generator ozon .....	19
Gambar 7 Detektor Ozon .....	20
Gambar 8 Timbangan Digital.....	20
Gambar 9 Stopwatch.....	20
Gambar 10 <i>Fan</i> .....	21
Gambar 11 Penangas.....	21
Gambar 12 <i>Hand spraye</i> .....	21
Gambar 13 Oven .....	22
Gambar 14 Tabung reaksi .....	22
Gambar 15 Kaca masir ( <i>sintered glass</i> ).....	22
Gambar 16 Pompa vakum.....	23
Gambar 17 Desikator .....	23
Gambar 17 Tanur .....	23
Gambar 18 Mikroskop laser 3D <i>Measuring Laser Microscope OLS4100</i> .....	24
Gambar 19 Kapuk .....	24
Gambar 20 <i>Flowchart</i> Penelitian .....	28
Gambar 21 Grafik perbandingan konsentrasi ozon pada lignin.....	31
Gambar 22 Grafik perbandingan konsentrasi ozon pada hemiselulosa .....	32
Gambar 23 Grafik perbandingan konsentrasi ozon pada selulosa .....	33
Gambar 24 (a) Sebelum proses ozonisasi, (b) Setelah proses ozonisasi.....	34
Gambar 25 Grafik Perbandingan selisih berat kapuk .....	35

Gambar 26 Hasil pengujian struktur mikro serat kapuk (a) sebelum proses ozonisasi, dan (b) sesudah proses ozonisasi.....	36
Gambar 27 Grafik Hasil Pengujian FTIR .....	39
Gambar 28 Grafik <i>intensity</i> O-H <i>Stretching</i> .....	40
Gambar 29 Grafik <i>intensity</i> C-H <i>Stretching</i> .....	40
Gambar 30 Grafik <i>intensity</i> C=O <i>Stretching</i> .....	41
Gambar 31 Grafik <i>intensity</i> C=C <i>Stretching</i> .....	42
Gambar 32 Grafik <i>intensity</i> C-O <i>Stretching</i> .....	42
Gambar 33 Grafik <i>intensity</i> C-C <i>Stretching</i> .....	43
Gambar 34 Grafik perbandingan konsentrasi ozon dan <i>intensity</i> .....	44

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pohon kapuk termasuk dalam *family Bombaceae* dan tumbuh di Asia, Afrika dan Amerika Selatan. Kapuk adalah serat sutra yang membungkus biji pohon kapuk (*Ceiba pentandra*), dan warnanya kekuningan atau coklat muda dengan kilau seperti sutra. Serat kapuk terdiri dari rambut tanaman bersel tunggal, berbeda dengan kapas, yang lignifikasi dan tidak melekat pada biji-bijian. Karena fitur unik mereka, bahan berbasis serat kapuk telah membuka kemungkinan untuk berbagai bidang aplikasi baru. Oleh karena itu, serat kapuk dan material kompositnya semakin mendapat perhatian dalam beberapa tahun terakhir. Secara konvensional, serat kapuk digunakan sebagai isian untuk tempat tidur, pelapis, pelindung kehidupan dan peralatan keselamatan air lainnya karena daya apungnya yang sangat baik (Zhang *et al.*, 2013) dan untuk insulasi terhadap suara dan panas karena lumennya yang berisi udara (Xiang *et al.*, 2013). Karena sifat retensi kehangatannya, serat kapuk dapat dicampur dengan serat lain untuk mendapatkan tekstil pakaian dengan karakteristik yang diinginkan (Hong *et al.*, 2012).

Sebagai salah satu jenis serat tanaman lignoselulosa yang penting, serat kapuk telah digunakan sebagai bahan penguat dalam matriks poliester melalui hibridisasi dengan kaca dan kain sisal (Reddy *et al.*, 2008). Selain itu, serat kapuk dapat ditambahkan ke dalam termoplastik pati singkong (TPCS) untuk mengurangi penyerapan air dari komposit serat TPCS/kapuk dan meningkatkan tegangannya pada beban maksimum dan modulus young (Prachayawarakorn *et al.*, 2013). Lapisan lilin pada permukaannya memungkinkan serat ini menunjukkan karakteristik hidrofobik-oleofilik yang sangat baik, dan karenanya, serat ini semakin diminati sebagai bahan penyerap minyak (Wang *et al.*, 2012; Huang dan Lim, 2006; Abdullah *et al.*, 2010; Rengasamy *et al.*, 2011) dan pada kertas kemasan yang membutuhkan kekuatan dan anti air (Chaiarrekij *et al.*, 2012). Karena struktur mikrotube alaminya, serat kapuk juga dapat digunakan sebagai bahan template yang diinginkan (Zhang *et al.*, 2010) atau kandidat pendukung, misalnya sebagai pembawa katalis (Fan *et al.*, 2012). Selain itu, serat ini dianggap sebagai bahan awal

yang potensial untuk pembuatan serat karbon aktif serbaguna (Chung *et al.*, 2013) atau sebagai sumber generasi kedua untuk bioetanol (Tye *et al.*, 2012).

Serat kapuk adalah serat biji organik yang sangat lignifikasi dan terutama terdiri dari selulosa, lignin dan xilan (Gao *et al.*, 2012). Komposisi kimia serat kapuk bervariasi dalam laporan yang berbeda. Satu studi menemukan bahwa serat kapuk secara kimiawi terdiri dari 64% selulosa, 13% lignin, dan 23% pentosan berdasarkan berat (Kobayashi *et al.*, 1977), sementara yang lain menemukan bahwa serat kapuk terdiri dari 35% selulosa, 21,5% lignin, dan 22% xilan, dengan rasio unit *syringyl/guaiacyl* yang tinggi (4–6) dan tingkat gugus asetil yang tinggi (13,0%) dibandingkan dengan dinding sel tumbuhan normal (sekitar 2%– 4%) (Chung *et al.*, 2009). Perbedaan tersebut mungkin terkait dengan perbedaan sumber kapuk dan teknik pengolahannya. Derajat kristalisasi serat kapuk telah ditentukan menjadi 35,90%, birefringence spesifik 0,017, dan kerapatan curahnya adalah 0,30 g/cm mengingat lumennya yang besar (Xiao *et al.*, 2005).

Lignin adalah salah satu zat komponen penyusun tumbuhan, komposisi bahan penyusun ini berbeda-beda tergantung jenisnya. Lignin terakumulasi pada batang tumbuhan berbentuk pohon dan semak, lignin berfungsi sebagai bahan pengikat komponen penyusun lainnya, sehingga suatu pohon bisa berdiri tegak. Lignin adalah gabungan beberapa senyawa yang hubungannya erat satu sama lain, mengandung karbon, hidrogen dan oksigen, namun proporsi karbonnya lebih tinggi dibanding senyawa karbohidrat (Tillman *et al.*, 1989).

Untuk mengubah hidrofobisitas serat kapuk menjadi hidrofilik, biasanya digunakan perlakuan oksidasi dengan  $\text{NaClO}_2$ . Proses ini dapat menghilangkan beberapa senyawa fenolik (terutama lignin) dari serat kapuk (Kang *et al.*, 2007), kandungan serat kapuk pada lignin dapat berkurang drastis dari 20,9% menjadi 2,6%. Hasil ini juga dibuktikan dengan penurunan total alkaline nitrobenzene oxidation (NBO) yang dihasilkan dari 78,4 mg/g CWR (residu dinding sel) untuk kontrol menjadi 10,5 mg/g CWR untuk sampel yang diberi perlakuan  $\text{NaClO}_2$  (Chung *et al.*, 2008).

Spektra FT-IR mengungkapkan bahwa untuk serat kapuk yang diberi perlakuan  $\text{NaClO}_2$ , pita serapan di sekitar 1602 dan 1504  $\text{cm}^{-1}$  hampir hilang,

menandakan pembelahan cincin aromatik pada lignin (Wang *et al.*, 2012a). Perlakuan  $\text{NaClO}_2$  merupakan pendekatan yang efektif untuk mengubah sifat permukaan serat kapuk. Seperti yang telah diungkapkan oleh penelitian, tetesan air menunjukkan sudut kontak yang besar pada serat kapuk mentah ( $\theta = 116^\circ$ ), sedangkan tetesan air dengan cepat meresap ke dalam serat kapuk yang diberi  $\text{NaClO}_2$ , untuk membentuk radius penyebaran yang besar di permukaan (Wang *et al.*, 2012b). Selanjutnya, perlakuan  $\text{NaClO}_2$  efektif dalam mengubah struktur agregat dan memperluas daerah amorf pada serat kapuk, dengan penurunan indeks kristalinitas masing-masing dari 35,34% menjadi 26,97% untuk serat kapuk tanpa perlakuan dan  $\text{NaClO}_2$  (Wang *et al.*, 2012a). Selanjutnya, serat kapuk yang diberi perlakuan  $\text{NaClO}_2$  menunjukkan daya serap minyak yang lebih tinggi, dengan persentase peningkatan masing-masing sebesar 19,8%, 30,0%, 21,5% dan 24,1% untuk toluena, kloroform, n-heksana, dan xilena. Selain itu, serat kapuk yang diolah dengan  $\text{NaClO}_2$  menunjukkan penggunaan kembali yang lebih baik, menunjukkan potensi besar untuk pemulihan minyak (Wang *et al.*, 2012a).

Karena sifat hidrofilik diperkenalkan oleh delignifikasi, serat kapuk yang diolah dengan  $\text{NaClO}_2$  dapat (i) dirancang langsung untuk menghilangkan pewarna kationik metilen biru (MB) dari larutan berair, dengan kapasitas adsorpsi 110,13 mg/g (Liu *et al.*, 2012); (ii) dicangkokkan dengan *glycidyl methacrylate* (GMA) di bawah iradiasi dengan sinar gamma Co-60, sehingga produk cangkok yang dihasilkan akan dilengkapi dengan fungsi baru seperti pertukaran ion dan sifat adsorpsi, dengan yang asli properti tetap utuh (Kang *et al.*, 2007). Setelah serangkaian perlakuan oksidasi, yaitu perlakuan  $\text{NaClO}_2$ – $\text{NaIO}_4$ – $\text{NaClO}_2$ , serat kapuk teroksidasi yang dihasilkan dapat digunakan sebagai adsorben untuk logam berat. Adsorpsi yang ditingkatkan ini untuk ion logam berat ke serat kapuk yang teroksidasi secara kimia dikaitkan dengan generasi kelompok  $-\text{COOH}$  (Chung *et al.*, 2008). (Tang *et al.*, 2012) telah mengamati bahwa dengan oksidasi TEMPO (*2,2,6,6-tetramethyl-1-piperidinyloxy*), jumlah Cd menempel pada serat kapuk/nanokomposit CdS lebih tinggi dari serat kapuk yang tidak diolah, dan nanopartikel CdS melekat pada serat kapuk / nanokomposit CdS dengan Oksidasi TEMPO menyebar lebih merata dan memiliki diameter yang lebih seragam.



Ozon merupakan oksidator kuat yang dapat dimanfaatkan untuk membunuh bakteri (*sterilization*), menghilangkan warna (*decoloration*), menghilangkan bau (*deodorization*) dan menguraikan senyawa organik (*degradation*). Ozon telah digunakan sebagai pembersih alternatif dalam pengolahan sayuran dan buah-buahan, bahkan dapat pula digunakan sebelum proses panen (Miller *et al.*, 2013). Ozon dikenal sebagai gas yang mampu memutihkan atau mengoksidasi barang-barang tertentu. Ini memiliki kapasitas pengoksidasi yang sangat baik sehingga dapat bereaksi dengan berbagai zat organik dan anorganik dalam air karena serangkaian zat antara atau produk sampingan seperti radikal hidroksil yang akan bereaksi tanpa selektivitas dapat dihasilkan dalam reaksi antara ozon dan air (Hoigne, Bader 1976). Penerapan ozon, yaitu ozonasi, banyak digunakan di berbagai sektor industri. Misalnya, literatur terakumulasi mengenai ozonasi yang diterapkan pada pengolahan limbah (Tehranibagha *et al.*, 2010), pemutihan atau setelah pembersihan bahan mentah (Avinc *et al.*, 2012) serta modifikasi serat (Bradley *et al.*, 1993). Aplikasi ozon yang dikembangkan dengan baik telah membuat perbedaan yang signifikan di bidang ini terutama yang berkaitan dengan ekologi karena ozon memiliki potensi oksidasi yang tinggi tanpa memancarkan polusi sekunder dan dapat terurai dengan cepat menjadi O<sub>2</sub> setelah diproses (Eren *et.al.*, 2014).

Ozon dapat digunakan untuk memecah lignin dan hemiselulosa dalam banyak bahan lignoselulosa. Pra-perawatan ozon memiliki keuntungan yaitu, secara efektif menghilangkan lignin, sebagai hasil dari pra-perlakuan tersebut produk beracun tidak terbentuk untuk proses selanjutnya, reaksi dilakukan pada suhu kamar dan tekanan atmosfer (A Kh Safiullina *et al* 2020).

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis tertarik melakukan penelitian untuk melihat pengaruh konsentrasi ozon pada proses ozonisasi serat kapuk terhadap sifat fisik, komposisi dan morfologi serat.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun beberapa rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi ozon terhadap perubahan komposisi serat kapuk.
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi ozon terhadap sifat fisis serat kapuk.
3. Bagaimana pengaruh konsentrasi ozon terhadap morfologi serat kapuk.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun beberapa tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis pengaruh konsentrasi ozon terhadap perubahan komposisi serat kapuk.
2. Untuk menganalisis pengaruh konsentrasi ozon terhadap sifat fisis serat kapuk.
3. Untuk menganalisis pengaruh konsentrasi ozon terhadap morfologi serat kapuk.

## **1.4 Batasan Penelitian**

Adapun beberapa batasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berat yang digunakan 10 g, 20 g, dan 30 g.
2. Konsentrasi ozon 1 ppm, 3 ppm, dan 5 ppm.
3. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah kapuk.
4. Pengujian yang dilakukan yaitu uji FTIR dan Morfologi.
5. Durasi yang digunakan 30 menit.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun beberapa manfaat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh konsentrasi ozon terhadap perubahan komposisi serat kapuk.
2. Mengetahui pengaruh konsentrasi ozon terhadap sifat fisis serat kapuk.
3. Mengetahui pengaruh konsentrasi ozon terhadap morfologi serat kapuk.
4. Menjadi bahan informasi untuk penelitian selanjutnya yang kemudian dapat dikembangkan untuk penelitian lebih lanjut.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kapuk (*Ceiba Pentandra*)**

Serat kapuk merupakan serat biji organik yang sangat lignifikasi dan terutama terdiri dari selulosa, lignin dan xilan (Fengel dan Przyklenk, 1986). Komposisi kimia serat kapuk bervariasi dalam laporan yang berbeda. Satu studi menemukan bahwa serat kapuk secara kimiawi terdiri dari 64% selulosa, 13% lignin, dan 23% pentosan berdasarkan berat (Kobayashi *et al.*, 1977), sementara yang lain menemukan bahwa serat kapuk terdiri dari 35% selulosa, 21,5% lignin, dan 22% xilan, dengan rasio unit *syringyl/guaiacyl* yang tinggi (4–6) dan tingkat gugus asetil yang tinggi (13,0%) dibandingkan dengan dinding sel tumbuhan normal (sekitar 2%–4%) (Chung *et al.*, 2008; Hori *et al.*, 2000). Perbedaan tersebut mungkin terkait dengan perbedaan sumber kapuk dan teknik pengolahannya. Derajat kristalisasi serat kapuk telah ditentukan menjadi 35,90%, birefringence spesifik 0,017, dan kerapatan curah 0,30 g/cm<sup>3</sup>, mengingat lumennya yang besar (Xiao *et al.*, 2005).

*Ceiba Pentandra* (L.) Gaertn (kapuk) adalah sorben alami yang menunjukkan karakteristik hidrofobik-oleofilik yang sangat baik. Pengaruh kerapatan pengepakan, jenis minyak dan perlakuan pelarut terhadap karakteristik penyerapan kapuk dipelajari dalam sistem batch. Kapasitas penyerapan minyak, kapasitas retensi, stabilitas jebakan dan reusability kapuk dievaluasi. Berdasarkan analisis SEM dan FTIR, serat kapuk terbukti merupakan bahan lignoselulosa dengan lapisan lilin hidrofobik di atas struktur berongga. Kepadatan pengepakan yang lebih tinggi pada 0,08 g/ml menunjukkan kapasitas penyerapan yang lebih rendah, tetapi persentase retensi minyak dinamis yang lebih tinggi, dengan hanya 1% minyak yang terkuras keluar dari sel uji. Kapuk tetap stabil setelah lima belas siklus penggunaan kembali dengan hanya 30% pengurangan kapasitas penyerapan. Stabilitas jebakan oli pada pengepakan 0,08 g/ml tinggi dengan lebih dari 90% solar dan oli mesin bekas tertahan setelah pengocokan horizontal. Setelah 8 jam perlakuan kloroform dan alkali, penurunan kapasitas penyerapan 2,1% dan 26,3% diamati, masing-masing, dibandingkan dengan kapuk mentah. Struktur berongga yang kaku direduksi menjadi struktur seperti pipih setelah perlakuan alkali,

meskipun tidak ada perbedaan struktural utama yang diamati setelah perlakuan kloroform. Kapuk Malaysia telah menunjukkan potensi besar sebagai sorben minyak alami yang efektif, karena kapasitas penyerapan dan retensi yang tinggi, stabilitas struktural dan reusability yang tinggi.

Beberapa pemanfaatan kapuk dalam kehidupan sehari-hari seperti : (Syamsul *et al.*, 2013)

- a) Serat kapuk tidak dapat dijadikan bahan pakaian karena kapuk tidak dapat dipintal, namun dapat digunakan sebagai bahan campuran serat lain.
- b) Kapuk sangat baik digunakan untuk mengisi pelampung penyelamat karena kapuk mempunyai sifat mengembang yang baik.
- c) Serat sangat baik untuk mengisi kasur dan bantal karena kapuk mempunyai sifat melenting yang baik.
- d) Serat kapuk sangat baik dipakai untuk isolasi panas dan suara.
- e) Biji kapuk dapat diambil minyaknya untuk pembuatan sabun .
- f) Kayu pohon kapuk dapat dipergunakan sebagai bahan kertas.

Ada 3 varietas tanaman *Ceiba pentandra* yaitu var. *caribaea* (DC.) Bakh, var. *guineensis* (Schumach. & Thonn.) H.G. Baker, dan var. *pentandra*. Kapuk yang telah dikultivasi di wilayah Afrika Barat dan Asia ialah var. *pentandra*. Di negara Mexico, *Ceiba pentandra* memiliki polinator kelelawar (Dick *et al.*, 2008). *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. memiliki chromosome number:  $2n = 72-88$ . Berdasarkan penelitian Brondani *et al.* (2003) tentang polimorfisme *Ceiba pentandra* dengan menggunakan *automated fluorescence detection* terlihat bahwa semua microsatellite loci menunjukkan tingkatan yang sangat tinggi dari kandungan informasi genetik dengan heterozigositas yang diharapkan berkisar dari 0.814 hingga 0.895. Di Indonesia, koleksi *germ-plasm ceiba pentandra* disimpan di Tobacco and Fibre Crops Research Institute di Malang dan memiliki 180 accession.

*Ceiba pentandra* dibagi pula menjadi dua kelompok besar yaitu: *Ceiba occidentalis*, banyak ditemukan di Amerika dan Afrika, dan *Ceiba orientalis*, yang berada di Asia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persilangan antara kedua kelompok tersebut dapat dilakukan dengan mudah. Hal ini menunjukkan kedekatan genetik keduanya. Hasil persilangan kedua tipe tersebut disebut tipe hibrida yang banyak dikembangkan di sentra-sentra kapuk. Di Amerika tidak terdapat klon

kapuk tipe indika, dan sebaliknya di Asia saat ini hanya sedikit ditemukan tipe karibea. Dari 147 jenis kapuk yang dapat tumbuh di berbagai negara, terdapat dua jenis yang dapat menghasilkan produk yang cukup baik yakni: (1) *Indica*; memiliki batang pendek dan berdaun jarang, sedangkan jenis caribbaca memiliki batang yang lebih tinggi, besar, berdaun lebat. dan (2) *Caribbaca*; pohonnya berukuran besar, tinggi mencapai 50 meter dan cabang terbawah dari permukaan tanah sekitar 10 meter. Di Amerika maupun di Afrika pohon-pohon tersebut dapat ditemukan di lapangan dengan mahkota yang sangat besar. Kecuali tipe yang bercabang rendah, juga ada tipe yang bercabang sangat tinggi, bercabang, tetapi mahkotanya kurang kokoh. Tipe Indika pohonnya berukuran relatif lebih kecil dibanding tipe Karibea dan tidak dapat bersaing dengan vegetasi-vegetasi liar.

## 2.2 Sifat Kapuk

Sifat kimia dan sifat fisika dari beberapa serat alam dapat di lihat pada table berikut. (Mwaikambo. 2006).

Tabel 1 Sifat kimia serat alam

<b>Fibre type</b>	<b>Cellulose</b>	<b>Hemicelluloses</b>	<b>Lignin</b>	<b>Pactin</b>	<b>(Source)</b>
<b>Abaca</b>	61-64	21	12	0,8	12,22
<b>Bagasse</b>	32-48	21	19,9-24	10	9,33
<b>Banana</b>	60-65	6-19	5-10	3-5	34
<b>Bamboo</b>	26-43	15-26	21-31	-	9
<b>Coir</b>	46	0,3	45	4	35,6
<b>Cotton</b>	82-96	2,6	0,5-1	5-7	9
<b>Flax</b>	60-81	14-19	2-3	0,9	9,36
<b>Hemp</b>	70-92	18-22	3-5	0,9	10,34,36
<b>Jute</b>	51-84	12-20	5-13	0,2	36,37
<b>Kapok</b>	13,16	-	-	-	38
<b>Kenaf</b>	44-57	21	15-19	2	9,27,28
<b>Phormium</b>	67	30	11	-	16
<b>Peneapple</b>	80-81	16-19	4,6-12	1-3	9
<b>Ramie</b>	68-76	13-15	0,6-1	1,9-2	36
<b>Sisal</b>	43-78	10-13	4-12	0,8-2	9,25,33,39
<b>Wood</b>	45-50	23-30	27	2-2,5	9

Tabel 2 Sifat fisika serat alam

Fibre type	Diameter ( $\mu\text{m}$ )	Length (mm)	Aspect ratio ( $l/d$ )	Micro-fibril angle ( $\theta$ )	Bulk Density ( $\text{kg/m}^3$ )	Moisture regain (%)	[Source]
Abaca	17.0-21.4	4.6-5.2	257	-	1500	14.00	22
Bagasse	20	1.7	-	-	550-1250	-	9,10,22
Banana	-	2-3.8	-	11-12	1300-1350	-	9,10,22
Bamboo	10-40	2.7	-	-	1500	-	9,10,22
Coir	16.2-19.5	0.9-1.2	64	39-49	1250	13.00	10,22
Cotton	11.5-17	20-64	2752	20-30	1550	8.50	22,33
Flax	17.8-21.6	27.4-36.1	1258	5	1400-1500	12.00	22,41
Hemp	17.0-22.8	8.3-14.1	549	6.2	1400-1500	12.00	22,40,42,43
Jute	15.9-20.7	1.9-3.2	157	8.1	1300-1500	17.00	22,36,37
Kapok	15-35	Aug-32	724	-	384	10.90	22,38
Kenaf	17.7-21.9	2.0-2.7	119	-	1220-1400	17.00	22
Phormium	15.4-16.4	5.0-5.7	337	-	-	-	16,22
Pineapple	20-80	-	-	6-14	1520-1560	-	22,41,44
Ramie	28.1-35.0	60-250	4639		1550	8.50	22,41
Sisal	18.3-23.7	1.8-3.1	115	10-22	1300-1500	14.00	22,45

Beberapa sifat serat kapuk yang umum diketahui yaitu: (Syamsul *et al.*, 2013)

- Warna serat kapuk coklat kekuning-kuningan dan mengkilap.
- Serat kapuk sangat tipis, lembut, licin dan tidak elastis sehingga sulit untuk dipintal.
- Serat kapuk mudah mengembang dan berat jenis seratnya sangat kecil.
- Menyerap suara, mudah terbakar, sifat melenting yang baik, transparan, tidak higroskopis dan menahan panas.
- Seratnya pendek dan tidak mempunyai pilinan asli

### 2.3 Lignin

Lignin (terkadang disebut juga “lignen”) adalah senyawa kimia kompleks yang banyak didapatkan pada kayu dan bagian pelengkap dari dinding sel dalam tanaman. Lignin merupakan makromolekul ketiga yang terdapat dalam biomassa, berfungsi sebagai pengikat antar serat. Lignin dapat dihilangkan dari bahan dinding sel yang tak larut dengan klor dioksida. Struktur molekul lignin sangat berbeda bila dibandingkan dengan polisakarida, karena terdiri dari sistem aromatik yang tersusun atas unit-unit fenil propana. Sifat-sifat lignin yaitu tidak larut dalam air dan asam mineral kuat, larut dalam pelarut organik, dan larutan alkali encer. Lignin yang terikat dalam produk pulp menurunkan kekuatan kertas dan menyebabkan kertas menguning (Novia *et al.*, 2014).

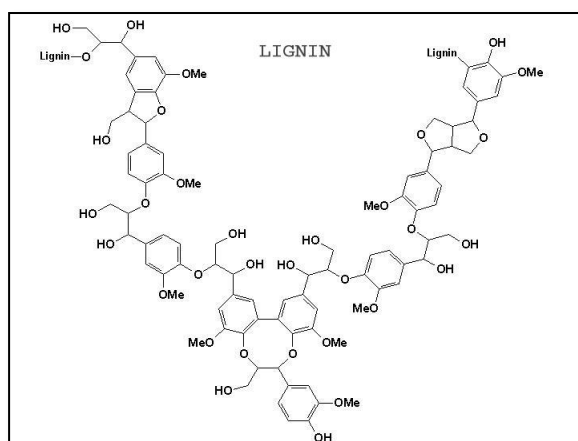
Lignin membuat tanaman kokoh dan memberikan serat dalam makanan. Lignin berfungsi pula untuk mengatur transportasi cairan pada tanaman hidup

(sebagian untuk memperkuat dinding sel dan menjaganya dari kerobohan, sebagian lagi untuk mengatur laju dari cairan), dan memungkinkan pohon untuk tumbuh lebih tinggi dan berkontak langsung dengan cahaya matahari (Heru, 2016).

Kayu dengan kandungan lignin yang tinggi dapat bertahan lama dan merupakan bahan baku yang baik untuk berbagai kegunaan. Lignin juga merupakan bahan bakar yang unggul. Lignin menghasilkan lebih banyak energi saat terbakar dibandingkan dengan selulosa. Lignin harus dipisahkan dari pulp sebelum dilakukan pengolahan untuk membuat kertas berkualitas tinggi. (Heru, 2016).

## 2.4 Struktur dan Berat Molekul Lignin

Lignin merupakan komponen kimia kayu yang selalu bergabung dengan selulosa dan bukan merupakan karbohidrat, melainkan didominasi oleh gugus aromatis berupa fenilpropan. Di dalam kayu, lignin terutama terdapat dalam lamela tengah dan dinding sel primer (Kollmann and Cote, 1984). Menurut TAPPI (1999), salah satu cara untuk mengisolasi lignin adalah dengan pemberian asam sulfat 72% (metoda Klason) dan terutama pada kayu yang berwarna hitam.



Gambar 1 Struktur molekul lignin

Sumber : [struktur molekul lignin - Bing images](#)

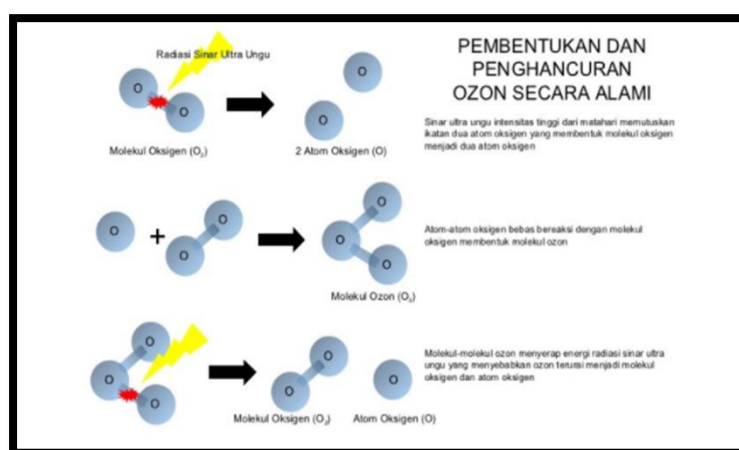
Struktur bangun lignin tersusun oleh ikatan karbon-karbon dan eter, unit-unit trifungsional saling berhubungan dengan unit-unit terdekat menghasilkan cabang yang memberikan peningkatan karakteristik struktur jaringan lignin. Sifat fisik dan kimia lignin sangat dipengaruhi oleh gugus hidroksil fenolik.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



Karena tidak memungkinkan mengisolasi lignin dari kayu tanpa degradasi, maka sangat sulit untuk menentukan berat molekul lignin. Metode yang berbeda untuk menghitung berat molekul lignin terisolasi memberikan hasil yang berbeda-beda dan agregasi molekul lignin dapat menghalangi determinasi berat molekul lignin sebenarnya. (Heru, 2016)

## 2.5 Ozon

Ozon terdiri dari tiga molekul oksigen dan amat berbahaya pada kesehatan manusia. Secara alamiah, ozon dihasilkan melalui percampuran cahaya ultraviolet dengan atmosfer bumi dan membentuk suatu lapisan ozon.



Gambar 2 Pembentukan dan penghancuran ozon secara alami

Sumber: <https://dlhk.jogiaprov.go.id/perlindungan-lapisan-ozon>

Ozon merupakan *oksidator* kuat yang dapat dimanfaatkan untuk membunuh bakteri (*sterili-zation*), menghilangkan warna (*decoloration*), menghilangkan bau (*deodoration*) dan menguraikan senyawa organik (*degradation*). Ozon telah digunakan sebagai pembersih alternatif dalam pengolahan sayuran dan buah-buahan, bahkan dapat pula digunakan sebelum proses panen (Miller *et al.*, 2013).

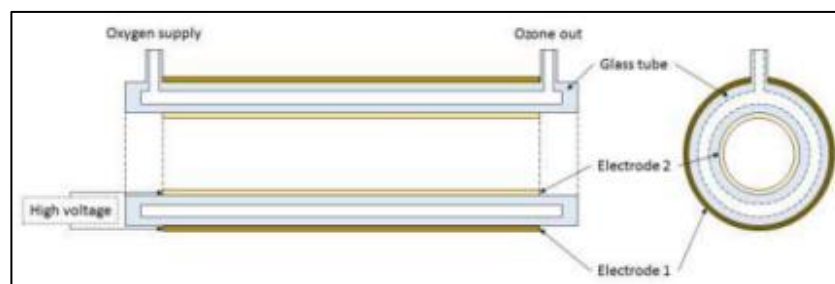
Ozon dikenal sebagai gas yang mampu memutihkan atau mengoksidasi barang-barang tertentu. Ini memiliki kapasitas pengoksidasi yang sangat baik yang dapat bereaksi dengan berbagai zat organik dan anorganik dalam air karena serangkaian zat antara atau produk sampingan seperti radikal hidroksil yang akan bereaksi tanpa selektivitas dapat dihasilkan dalam reaksi antara ozon dan air (Hoigne, 1988). Hasil serat tanaman sensitif berkurang ketika tanaman ini terkena tingkat  $O_3$  di atas 40 ppb untuk waktu yang lama (Fuhrer *et al.*, 1997). Setelah

terpapar ozon, bercak klorosis atau nekrotik diamati pada jaringan daun. Kerusakan nekrotik yang terlihat pada jaringan daun padi (*Oryza sativa L.*) disebabkan oleh ozon (Agrawal *et al.*, 2002).

Salah satu arah yang menjanjikan untuk memperoleh produk industri penting adalah penggunaan ozon. Zat ini dianggap sebagai reagen yang menjanjikan dari sudut pandang lingkungan, karena tidak membentuk produk konversi beracun, dan reaksi ozon dilakukan pada suhu kamar dan tekanan atmosfer. Selain itu, ozon digunakan sebagai oksidator, karena reaktivitasnya memungkinkan berinteraksi secara efektif dengan zat organik. (Kang G *et al.*, 1995).

## 2.6 Generator Ozon

Ozon dapat dihasilkan dengan menggunakan generator ozon. Ozon diproduksi oleh ozonizer yang bekerja berdasarkan prinsip pelepasan penghalang dielektrik, yang menghasilkan ozon di antara dua elektroda yang dipisahkan oleh bahan dielektrik dan didukung oleh sinyal tegangan tinggi.



Gambar 3 Representasi skematis dari generator ozon yang bekerja berdasarkan prinsip Dielectric Barrier Discharge (DBD)

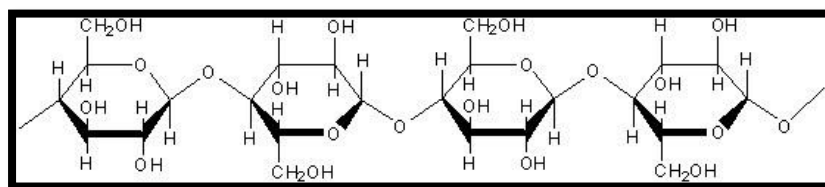
Seperti yang ditunjukkan pada gambar, dua elektroda mengelilingi kaca: satu di dalam silinder dan yang lainnya di luar. Ozon dihasilkan dari molekul oksigen yang terurai di dalam silinder di bawah pengaruh pelepasan tegangan tinggi dan kemudian bergabung kembali, membentuk molekul O<sub>3</sub>. Oleh karena itu, jumlah ozon dapat dikontrol dengan memvariasikan frekuensi tegangan ozonizer. Cara lain untuk mengontrol ozon yang dihasilkan adalah dengan mengatur aliran yang melintasi volume silinder. Generator ozon yang dijelaskan sebelumnya menghasilkan ozon berdasarkan kapasitas yang diberikan sebagai persentase tetapi perangkat tidak menunjukkan jumlah ozon yang dihasilkan. Oleh karena itu,

penganalisis ozon digunakan untuk mengukur konsentrasi yang sesuai asupan mesin. Alat yang digunakan untuk memantau konsentrasi ozon adalah Ozone Gas Detector. Penentuan konsentrasi ozon didasarkan pada penyerapan radiasi UV oleh ozon. (Pinazzi, 2017)

## 2.7 Selulosa

Selulosa adalah polimer glukosa yang berbentuk rantai linier dan dihubungkan oleh ikatan  $\beta$ -1,4 glikosidik. Struktur yang linier menyebabkan selulosa bersifat kristalin dan tidak mudah larut. Selulosa tidak mudah didegradasi secara kimia maupun mekanis. Di alam, biasanya selulosa berasosiasi dengan polisakarida lain seperti hemiselulosa atau lignin membentuk kerangka utama dinding sel tumbuhan. Selulosa terdiri dari 7.000 - 15.000 molekul glukosa anhydrous. Selulosa bersifat tidak larut dalam air, asam, maupun basa pada suhu kamar. Struktur selulosa terdiri dari 60-70% kristalin dan 30- 40% amorphous, sehingga tidak mudah dihidrolisis (Krik dan Othmer, 1952).

Unit penyusun (building block) selulosa adalah selobiosa karena unit keterulangan dalam molekul selulosa adalah 2 unit gula (D-glukosa). Selulosa adalah senyawa yang tidak larut di dalam air dan ditemukan pada dinding sel tumbuhan terutama pada tangkai, batang, dahan, dan semua bagian berkayu dari jaringan tumbuhan. Selulosa merupakan polisakarida struktural yang berfungsi untuk memberikan perlindungan, bentuk, dan penyangga terhadap sel, dan jaringan (Lehninger 1993).



Gambar 4 Struktur Selulosa

Rantai selulosa terdiri dari satuan glukosa anhidrida yang saling berikatan melalui atom karbon pertama dan ke empat. Ikatan yang terjadi adalah ikatan  $\beta$ -1,4-glikosidik. Secara alamiah molekul-molekul selulosa tersusun dalam bentuk fibril-fibril yang terdiri dari beberapa molekul selulosa yang dihubungkan dengan

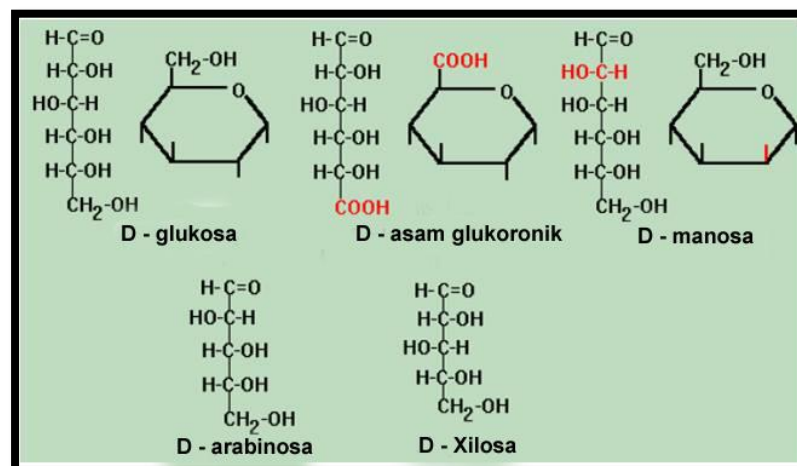
ikatan glikosidik. Fibril-fibril ini membentuk struktur kristal yang dibungkus oleh lignin. Komposisi kimia dan struktur yang demikian membuat kebanyakan bahan yang mengandung selulosa bersifat kuat dan keras. Sifat kuat dan keras yang dimiliki oleh sebagian besar bahan berselulosa membuat bahan tersebut tahan terhadap peruraian secara enzimatik. Secara alamiah peruraian selulosa berlangsung sangat lambat (Fan *et al.*, 1982). Sebuah molekul selulosa memiliki rumus kimia generik  $(C_6H_{12}O_5)_n$ . Rantai panjang molekul selulosa berkisar dari 100 sampai 14.000 unit. Oleh karena itu, selulosa memiliki berat molekul rata-rata sekitar 300.000-500.000 (Zhou, 2011).

## 2.8 Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan heteropolymers (matrix polysaccharides) yang berisi 200 monomer gula. Hemiselulosa berada bersama-sama dengan selulosa pada dinding sel, dan keduanya diikat oleh pektin. Strukturnya yang terbesar adalah amorphous dan sebagian kecil berupa kristalin. Hemiselulosa mudah dihidrolisis dengan asam encer, basa, atau enzim. Hemiselulosa mengandung beberapa monomer gula yaitu: xylosa, mannososa, galaktosa, rhamnosa, arabinosa, dan glukosa. Xylosa merupakan gula yang paling banyak terkandung dalam hemiselulosa (Sukadarti *et al.*, 2010).

Hemiselulosa berfungsi sebagai pendukung dinding sel dan berlaku sebagai perekat antar sel tunggal yang terdapat didalam batang pisang dan tanaman lainnya. Hemiselulosa memiliki sifat non-kristalin dan bukan serat, mudah mengembang, larut dalam air, sangat hidrofolik, serta mudah larut dalam alkali. Hemiselulosa memiliki sifat-sifat yaitu tidak tahan terhadap perlakuan panas, strukturnya amorf dan mudah dimasuki pelarut, dapat diekstraksi menggunakan alkali dan ikatannya lemah sehingga mudah dihidrolisis (Fengel *et al.*, 1995). Kandungan hemiselulosa yang tinggi memberikan kontribusi pada ikatan antar serat, karena hemiselulosa bertindak sebagai perekat dalam setiap serat tunggal. Pada saat proses pemasakan berlangsung, hemiselulosa akan melunak, dan pada saat hemiselulosa melunak, serat yang sudah terpisah akan lebih mudah menjadi berserabut (Indrainy *et al.*, 2005).

Perbedaan hemiselulosa dengan selulosa yaitu hemiselulosa mudah larut dalam alkali tapi sukar larut dalam asam, sedang selulosa adalah sebaliknya. Hemiselulosa juga bukan merupakan serat-serat panjang seperti selulosa. Hasil hidrolisis selulosa akan menghasilkan D-glukosa, sedangkan hasil hidrolisis hemiselulosa akan menghasilkan D-xilosa dan monosakarida lainnya (Winarno *et al*, 1984). Rantai molekul hemiselulosa jauh lebih pendek bila dibandingkan dengan selulosa, dan dalam beberapa senyawa mempunyai rantai cabang. Menurut Hartoyo pada tahun 1989, hemiselulosa tersusun dari gabungan gula-gula sederhana dengan lima atom karbon dengan rumus  $C_5H_{10}O_5$  (pentosan) atau enam atom karbon dengan rumus  $C_6H_{12}O_6$  (hexosan). Hemiselulosa relatif mudah dihidrolisis oleh asam menjadi komponen-komponen monomernya yang terdiri dari D-glukosa, D-manosa, D- galaktosa, D-xilosa, L-arabinosa, dan sejumlah kecil L-ramnosa.



Gambar 5 Struktur Hemiselulosa

## 2.9 FTIR

Spektroskopi FTIR adalah teknik yang sangat efektif dan cepat yang digunakan untuk mempelajari polimer. Pengukuran spektroskopi FTIR didasarkan pada intensitas dan panjang gelombang penyerapan radiasi Infrared yang mengakibatkan masing-masing gugus fungsi bervibrasi pada bilangan gelombang khasnya. Isolasi spektroskopi FTIR diperlukan untuk menunjang dalam pengevaluasian keberhasilan selulosa dengan memantau pengurangan intensitas gugus fungsi molekul lignin dan peningkatan intensitas molekul selulosa (Jufrinaldi, 2018).

Radiasi inframerah terletak antara cahaya tampak dan gelombang mikro dan merupakan salah satu bagian dari spektrum elektromagnetik (Samsiah, 2009). Spektrum vibrasi molekul yang dihasilkan berfungsi untuk mengidentifikasi struktur suatu senyawa kimia (Beasley *et al*, 2014).

Berdasarkan daerah inframerah bilangan gelombang terbagi menjadi 3, yaitu sebagai berikut:

1. Daerah inframerah dekat terdapat pada rentang bilangan gelombang  $1250\text{cm}^{-1}$  -  $4000\text{cm}^{-1}$ .
2. Daerah inframerah sedang terdapat pada rentang bilangan gelombang  $4000\text{cm}^{-1}$  -  $400\text{cm}^{-1}$  yang melakukan transisi energi vibrasi dari molekul untuk memberikan informasi mengenai gugus-gugus fungsi.
3. Daerah inframerah jauh terdapat pada rentang bilangan gelombang  $400\text{cm}^{-1}$  -  $10\text{cm}^{-1}$  yang bermanfaat untuk menganalisis molekul yang mengandung atom-atom berat (Schechter, 1997).

Suatu gugus fungsi yang spesifik dapat teridentifikasi dari hasil setiap serapan yang ditimbulkan pada panjang gelombang tertentu. Hooke mengatakan bahwa spektrofotometer FTIR didasarkan atas senyawa yang terdiri atas dua atom (diatom) yang digambarkan dengan dua buah bola yang saling terikat oleh pegas.

Spektrofotometer FTIR pada umumnya memiliki tiga teknik pengukuran sampel, yaitu Photo Acoustic Spectroscopy (PAS), Attenuated Total Reflectance (ATR), dan Difuse Reflectance Infrared Fourier Transform (DRIFT). Spektrum vibrasi molekul yang dihasilkan dari setiap teknik memiliki karakteristik tertentu (Beasley *et al*, 2014).

## **2.10 Uji Morfologi**

Pada serat alam, morfologi seratnya menunjukkan suatu bentuk dengan perbedaan yang besar antara satu dengan yang lainnya, karena serat-serat tersebut ditentukan oleh jenis tanaman dan jenis hewannya. Dalam batas tertentu morfologi mempunyai bentuk yang tetap, oleh karena itu morfologi serat dari serat alam sangat menentukan dalam identifikasi seratnya. Pada dasarnya identifikasi serat tekstil dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain : cara mikroskopi, cara pelarutan, pewarnaan, pengukuran berat jenis, pembakaran, dan pengukuran titik leleh.

Pemeriksaan morfologi serat memerlukan suatu mikroskop. Pengamatan dengan mikroskop merupakan satu-satunya cara yang dapat digunakan untuk identifikasi serat dimana terdapat campuran serat-serat yang berbeda jenisnya. Oleh karena itu pengamatan dengan mikroskop adalah cara yang paling penting dan banyak digunakan untuk identifikasi serat.