

**SKRIPSI**

**ANALISIS PENGARUH DEGRADASI LIGNIN SERAT SABUT KELAPA  
MENGUNAKAN MEDIASI FUNGI TERHADAP KARAKTERISTIK  
*INTERLOCK* SERAT-MATRIKS**

Oleh :

**MUHAMMAD TRY PUTRA JULI SAFITRA**

**D211 16 317**



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2021**

**SKRIPSI**

**ANALISIS PENGARUH DEGRADASI LIGNIN SERAT SABUT KELAPA  
MENGUNAKAN MEDIASI FUNGI TERHADAP KARAKTERISTIK  
*INTERLOCK* SERAT-MATRIKS**

**DI SUSUN OLEH**

**MUHAMMAD TRY PUTRA JULI SAFITRA**

**D211 16 317**

**Merupakan Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2021**

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan mengikuti ujian akhir guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Pada tanggal 4 Juni 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

**JUDUL :**

**ANALISIS PENGARUH DEGRADASI LIGNIN SERAT SABUT KELAPA  
MENGUNAKAN MEDIASI FUNGI TERHADAP KARAKTERISTIK  
INTERLOCK SERAT-MATRIKS**

**MUHAMMAD TRY PUTRA JULI SAFITRA**

**D211 16 317**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**



**Dr. Hairul Arsyad, ST., MT**

**Ir. Mukhtar Rahman., MT.**

**NIP. 19750322 200212 1 001**

**NIP. 19571013 198703 1 001**

**Mengetahui,**

**Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin**



**Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT.**

**19720825 200003 1 001**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Try Putra Juli Safitra

NIM : D211 16 317

Program Studi : Teknik Mesin

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

**ANALISIS PENGARUH DEGRADASI LIGNIN SERAT SABUT KELAPA  
MENGUNAKAN MEDIASI FUNGI TERHADAP KARAKTERISTIK  
INTERLOCK SERAT-MATRIKS**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar – benar merupakan hasil karya saya sendiri.

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

Gowa, 4 Juni 2021

Yang Menyatakan



Muhammad Try Putra Juli Safitra

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

**Nama** : Muhammad Try Putra Juli Safitra

**Tempat Tanggal Lahir** : Raha, 24 Juli 1998

**Alamat** : Jl. Palantikan Lorong 1, Kab. Gowa

**Jenis Kelamin** : Laki-laki

**Agama** : Islam

**Telepon** : 0822 9618 6795

**E-mail** : tryputra231@gmail.com

**Riwayat Pendidikan** : SMA Negeri 2 Raha  
SMP Negeri 3 Raha  
SD Negeri 9 Katobu

**Riwayat Organisasi** : OKFT UH  
HMM FT UH  
MARCH (*Mechanical Aerial Research  
Community Of Hasanuddin*)

**Pengalaman Magang (*Internship*)** : PLTU PUNAGAYA

## ABSTRAK

Muhammad Try Putra Juli Safitra (D21116317). Analisis Pengaruh Degradasi Lignin Serat Sabut Kelapa Menggunakan Mediasi Fungi Terhadap Karakteristik *Interlock* Serat-Matriks. Dibimbing oleh Dr. Hairul Arsyad, ST., MT. dan Ir. Mukhtar Rahman., MT.

Penelitian ini bertujuan untuk 1) Menganalisa pengaruh variasi waktu dan jumlah fungi dalam proses delignifikasi terhadap dekomposisi lignin dari serat sabut kelapa. 2) Mengetahui morfologi permukaan serat sabut kelapa setelah proses delignifikasi. 3) Mengetahui karakteristik *interlock* serat hasil dekomposisi lignin oleh fungi dengan matriks/resin. 4) Mengetahui karakteristik *wettability* serat hasil dekomposisi lignin oleh fungi dengan matriks/resin. Penelitian ini menggunakan bahan serat sabut kelapa, jamur *Pleurotus Ostreatus* dan resin epoksi. Proses delignifikasi serat sabut kelapa dilakukan dengan menggunakan jamur *Pleurotus Ostreatus* dengan variasi waktu fermentasi selama 10 hari, 20 hari dan 30 hari, serta variasi rasio serat : jamur sebesar  $1:\frac{1}{2}$ , 1:1, dan  $1:1\frac{1}{2}$ . Hasil delignifikasi serat kemudian diuji kadar lignin, uji morfologi, uji tarik *pull-out*, dan uji *wettability*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama waktu fermentasi dan semakin banyak jumlah jamur yang digunakan maka semakin besar pengurangan lignin yang terjadi. Hal ini dapat dibuktikan pengurangan kadar lignin terbesar pada penelitian ini sebesar 27,11% terjadi pada serat sabut kelapa dengan rasio  $1:1\frac{1}{2}$  yang difermentasi selama 30 hari, dimana kadar ligninnya turun menjadi 18,39% dari kadar lignin awal sebesar 25,23%. Pada uji morfologi, sabut kelapa yang telah difermentasi menggunakan jamur menyebabkan permukaan serat sabut kelapa menjadi lebih bersih dari kotoran/*impurities*, hal ini diakibatkan karena telah hilangnya kandungan lignin pada permukaan serat sabut kelapa. Selanjutnya, terjadi peningkatan kemampuan *interlock* antara serat-matriks pada uji *pull-out* setelah dilakukan proses delignifikasi serat sabut kelapa jika dibandingkan dengan serat sabut kelapa yang tidak diberikan perlakuan delignifikasi. Hal ini dapat dibuktikan dengan meningkatnya nilai IFSS serat sabut kelapa, kenaikan maksimal yang terjadi bisa sampai 115,54%. Sejalan dengan itu, pada uji *wettability* terjadi penurunan sudut kontak terbesar pada sampel yang difermentasi selama 30 hari dengan rasio  $1:1\frac{1}{2}$  hingga mencapai 50%.

Kata Kunci: Serat sabut kelapa, jamur *Pleurotus Ostreatus*, kadar lignin, morfologi, kekuatan geser *interfacial* (IFSS), sudut kontak.

## ABSTRACT

Muhammad Try Putra Juli Safitra (D21116317). Analysis of the Effect of Coconut Fiber Lignin Degradation Using Fungal Mediation on Characteristics Interlock Fiber-Matrix. Supervised by Dr. Hairul Arsyad, ST., MT. and Ir. Mukhtar Rahman., MT.

This study aims to 1) Analyze the effect of variations in time and number of fungi in the delignification process on the decomposition of lignin from coconut coir fibers. 2) Knowing the surface morphology of coconut coir after the delignification process. 3) Knowing the characteristics of interlocks fiber resulting from lignin decomposition by fungi with matrix / resin. 4) Knowing the characteristics of the wettability fibers resulting from the decomposition of lignin by fungi with matrix / resin. This study used coconut fiber, fungus *Pleurotus Ostreatus* and epoxy resin. Coco fiber delignification process is done by using the fungus *Pleurotus ostreatus* with variations in fermentation time for 10 days, 20 days and 30 days, as well as variation of the ratio of fiber : fungi of  $1:\frac{1}{2}$ , 1:1, and  $1:1\frac{1}{2}$ . The results of fiber delignification were then tested for lignin levels, morphological tests, tensile tests pull-out, and tests wettability. The results showed that the longer the fermentation time and the greater the number of fungi used, the greater the reduction in lignin that occurred. It can be proven that the largest reduction in lignin levels in this study was 27.11%, which occurred in coconut coir fibers with a ratio of  $1:1\frac{1}{2}$ . fermented for 30 days, where the lignin level decreased to 18.39% from the initial lignin level of 25.23%. In the morphological test, the fermented coconut fiber using fungi causes the surface of the coir fibers to be cleaner from impurities, this is due to the loss of lignin content on the surface of the coconut coir fibers. Furthermore, there is an increase in the ability interlock between the fibers-matrices in the test pull-out after delignification of coconut coir fibers when compared to coir fibers that are not given delignification treatment. This can be proven by the increase in the IFSS value of coconut coir, the maximum increase that occurs can be up to 115.54%. In line with that, in the test wettability there was the largest decrease in contact angle in samples fermented for 30 days with a  $1:1\frac{1}{2}$  ratio reach up to 50%.

Keywords: Coconut coir fiber, fungus *Pleurotus Ostreatus*, lignin content, morphology, interfacial shear strength (IFSS), contact angle.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan judul “**Analisis Pengaruh Degradasi Lignin Serat Sabut Kelapa Menggunakan Mediasi Fungi Terhadap Karakteristik *Interlock* Serat-Matriks**” yang menjadi salah satu syarat kelulusan untuk mencapai gelar Sarjana Teknik di Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Shalawat serta salam senantiasa kita haturkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi suri tauladan yang baik dan membawa umat manusia ke kehidupan yang lebih beradab.

Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan skripsi ini tidaklah mudah, banyak hambatan dan masalah yang dihadapi hingga sampai ke titik ini. Namun berkat do'a dan dukungan dari berbagai pihak akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan. Selain itu, dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dikarenakan keterbatasan penulis sebagai manusia biasa. Untuk itu penulis sangat terbuka untuk menerima kritik dan saran agar skripsi ini bisa lebih baik lagi, dan semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi yang membutuhkan secara keseluruhan sebagai salah satu acuan demi perkembangan dan kemajuan ilmu pengetahuan.

Tak lupa pula penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah ada dan hadir dalam kehidupan penulis baik yang secara langsung maupun tidak langsung membantu penulis sehingga dapat melewati dan menyelesaikan segala suka dan duka bersama, sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis sangat menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak akan selesai apabila hanya penulis yang bekerja sendiri tanpa adanya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Atas alasan itu pula penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih dan bersyukur kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan banyak sekali nikmat-Nya yang tidak dapat dihitung satu per satu, terlebih lagi nikmat ilmu dan hidayah kepada Penulis, sehingga Penulis dapat berada dititik ini.

2. Seluruh keluarga besar, khususnya orang tua saya tercinta Bapak (alm) Drs. La Ode Sabaria, M.Pd dan Ibu Wa Ode Fitriani Dangka, S.Pd. SD, serta Aba H. Syahrin Djannatu, S.E dan Umi Hj. Wa Ode Nuria Dangka, S.Pd, terima kasih atas semua kasih sayang, do'a, petunjuk, dukungan dan segala hal yang diberikan dan tidak pernah putus untuk penulis.
3. Kakak Cahya Hudal Safitri, ST dan kakak Fadly Muhammad Safitri yang selalu membimbing, mendukung, memberi do'a dan berusaha menjadi kakak yang terbaik bagi penulis.
4. Bapak Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT. selaku ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin beserta seluruh staff Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuan dan kemudahan akses dan administrasi yang diberikan.
5. Bapak Dr. Hairul Arsyad, ST., MT. dan Bapak Ir. Mukhtar Rahman, MT, atas ilmu, saran, kritik dan masukkannya selaku pembimbing I dan pembimbing II Penulis dalam skripsi ini
6. Bapak Dr. Ir. Zulkifli Djafar, MT. dan Bapak Dr. Ir. H. Ilyas Renreng, MT atas ilmu, saran, kritik dan masukkannya selaku penguji I dan penguji II Penulis dalam skripsi ini
7. Segenap Dosen Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas semua ilmu dan dedikasi yang diberikan dalam mengajar, mendidik dan membimbing Penulis selama perkuliahan
8. Kanda – kanda senior, adik – adik junior dan seluruh warga HMM FT-UH atas kebersamaan dan pengalaman yang diberikan, khususnya untuk saudara-saudara seperjuangan penulis, COMPREZZOR 2016, yang sudah memberikan warna tersendiri bagi penulis baik dalam keadaan suka maupun duka selama menempuh perkuliahan yang tidak bisa dilupakan
9. Teman – teman seperjuangan Laboratorium Metalurgi Fisik FT-UH
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu per satu yang telah mendukung dan membantu penulis. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian semua dengan sesuatu yang jauh lebih baik.

## DAFTAR ISI

<b>SKRIPSI .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBARAN PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Rumusan Masalah .....	6
I.3 Tujuan Penelitian .....	7
I.4 Batasan Masalah .....	7
I.5 Manfaat Penelitian .....	8
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>9</b>
II.1 Material Komposit .....	9
II.1.1 Pengertian Bahan Komposit .....	9
II.1.2 Klasifikasi Komposit .....	9
II.1.3 Unsur Utama Pembentuk Komposit .....	11
II.2 Sabut Kelapa .....	12
II.3 Komponen Penyusun Sabut Kelapa .....	13
II.3.1 Selulosa .....	14
II.3.2 Hemiselulosa .....	15
II.3.3 Lignin .....	17
II.4 Delignifikasi .....	18
II.5 Jamur Pelapuk Putih ( <i>White Rot Fungi</i> ) .....	21

II.6	Resin Epoksi .....	23
II.7	Uji Tarik <i>Pull-Out</i> .....	25
II.8	Uji Morfologi .....	26
II.9	Uji <i>Wettability</i> .....	27
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>29</b>
III.1	Waktu dan Tempat .....	29
III.2	Alat dan Bahan .....	29
III.2.1	Alat .....	29
III.2.2	Bahan .....	35
III.3	Metode Penelitian .....	35
III.4	Prosedur Penelitian .....	36
III.4.1	Persiapan Alat dan Bahan .....	36
III.4.2	Sterilisasi Alat .....	36
III.4.3	Pengolahan Serat Sabut Kelapa .....	36
III.4.4	Pembuatan Substrat Bahan Organik Sebagai Media Tumbuh Isolat Jamur (Baglog) .....	37
III.4.5	Inokulasi Isolat Jamur Pada Substrat Bahan Organik .....	38
III.4.6	Analisis Lignin, Hemiselulosa dan Selulosa .....	40
III.4.7	Proses Pembuatan <i>Interlock</i> Serat-Matriks .....	42
III.4.8	Proses Uji <i>Pull-Out</i> .....	44
III.5	Diagram Alir Penelitian .....	45
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>46</b>
IV.1	Pengaruh Variasi Waktu dan Jumlah Fungi Dalam Proses Delignifikasi Terhadap Dekomposisi Lignin Dari Serat Sabut Kelapa .....	46
IV.2	Morfologi Permukaan Serat Ssabut Kelapa Setelah Proses Delignifikasi .....	48
IV.3	Karakteristik <i>Interlock</i> Serat Hasil Dekomposisi Lignin Oleh Fungi Dengan Matriks/Resin .....	53

IV.4 Karakteristik <i>Wettability</i> Serat Hasil Dekomposisi Lignin Oleh Fungi Dengan Matriks/Resin .....	60
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>65</b>
V.1 Kesimpulan .....	65
V.2 Saran .....	66
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>67</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sabut kelapa .....	1
Gambar 2.2	Struktur selulosa .....	15
Gambar 2.3	Struktur hemiselulosa .....	17
Gambar 2.4	Struktur lignin .....	18
Gambar 2.5	Ilustrasi proses delignifikasi .....	19
Gambar 2.6	Jamur tiram putih ( <i>Pleurotus Ostreatus</i> ) .....	22
Gambar 2.7	Sudut kontak pada uji <i>wettability</i> .....	27
Gambar 3.1	Timbangan digital .....	29
Gambar 3.2	Autoklaf .....	30
Gambar 3.3	Pengaduk .....	30
Gambar 3.4	Gunting .....	30
Gambar 3.5	Cobek .....	30
Gambar 3.6	Jarum inoculum .....	30
Gambar 3.7	<i>Laminary air flow</i> .....	31
Gambar 3.8	Bunsen .....	31
Gambar 3.9	Penangas .....	31
Gambar 3.10	<i>Hand sprayer</i> .....	32
Gambar 3.11	Oven .....	32
Gambar 3.12	Tabung reaksi .....	32
Gambar 3.13	Kaca masir ( <i>sintered glass</i> ) .....	32
Gambar 3.14	Pompa vakum .....	33

Gambar 3.15	Desikator .....	33
Gambar 3.16	Tanur .....	33
Gambar 3.17	Mesin uji tarik .....	34
Gambar 3.18	Mikroskop laser 3D <i>Measuring Laser Microscope</i> OLS4100 .....	34
Gambar 3.19	Mikroskop optic .....	34
Gambar 3.20	Serat sabut kelapa kering .....	37
Gambar 3.21	Proses pembuatan baglog .....	38
Gambar 3.22	Proses pencampuran sabut kelapa dengan baglog .....	38
Gambar 3.23	Sabut kelapa yang telah dicampur kedalam baglog .....	38
Gambar 3.24	Proses inokulasi jamur ke baglog .....	39
Gambar 3.25	Bibit jamur yang telah diinokulasikan pada baglog .....	39
Gambar 3.26	Hasil inkubasi jamur kedalam baglog selama (a) 10 hari, (b) 20 hari, dan (c) 30 hari .....	40
Gambar 3.27	Proses pengukuran diameter serat .....	43
Gambar 3.28	Proses pembuatan sampel pengujian <i>pull-out</i> .....	43
Gambar 3.29	Sampel pengujian <i>pull-out</i> .....	44
Gambar 3.30	Proses uji <i>pull-out</i> .....	44
Gambar 4.1	Pengaruh lama waktu fermentasi terhadap persentasi kadar lignin sabut kelapa .....	48
Gambar 4.2	Serat sabut kelapa normal (tanpa perlakuan) .....	49
Gambar 4.3	Sampel 10 hari rasio $1:\frac{1}{2}$ ; a-b belum difermentasi, c-d setelah difermentasi .....	50

Gambar 4.4	Sampel 10 hari rasio 1:1 ; a-b belum difermentasi, c-d setelah difermentasi .....	50
Gambar 4.5	Sampel 10 hari rasio $1:1\frac{1}{2}$ ; a-b belum difermentasi, c-d setelah difermentasi .....	51
Gambar 4.6	Sampel 20 hari rasio $1:\frac{1}{2}$ ; a-b belum difermentasi, c-d setelah difermentasi .....	52
Gambar 4.7	Sampel 20 hari rasio 1:1 ; a-b belum difermentasi, c-d setelah Difermentasi .....	53
Gambar 4.8	Sampel 10 hari rasio $1:1\frac{1}{2}$ ; a-b belum difermentasi, c-d setelah difermentasi .....	53
Gambar 4.9	Sampel 30 hari rasio $1:\frac{1}{2}$ ; a-b belum difermentasi, c-d setelah difermentasi .....	55
Gambar 4.10	Sampel 30 hari rasio 1:1 ; a-b belum difermentasi, c-d setelah difermentasi .....	55
Gambar 4.11	Sampel 30 hari rasio $1:1\frac{1}{2}$ ; a-b belum difermentasi, c-d setelah difermentasi .....	56
Gambar 4.12	Pengaruh lama waktu fermentasi terhadap nilai IFSS sabut kelapa .....	60
Gambar 4.13	Pengaruh lama waktu fermentasi terhadap sudut kontak yang terjadi antara serat-matriks .....	62
Gambar 4.14	Sudut kontak sampel serat-matriks (normal) tanpa perlakuan	63

Gambar 4.15	Sudut kontak sampel serat-matriks fermentasi 10 hari pada	
	rasio (a) $1:\frac{1}{2}$ , (b) 1:1, (c) $1:1\frac{1}{2}$ .....	63
Gambar 4.16	Sudut kontak sampel serat-matriks fermentasi 20 hari pada	
	rasio (a) $1:\frac{1}{2}$ , (b) 1:1, (c) $1:1\frac{1}{2}$ .....	63
Gambar 4.17	Sudut kontak sampel serat-matriks fermentasi 30 hari pada	
	rasio (a) $1:\frac{1}{2}$ , (b) 1:1, (c) $1:1\frac{1}{2}$ .....	64

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Sifat mekanis beberapa serat alam .....	2
Tabel 1.2	Komposisi kimia sabut kelapa .....	3
Tabel 2.1	Komposisi kimia sabut kelapa .....	14
Tabel 4.1	Hasil pengukuran persentasi kadar lignin pada sabut kelapa dengan variasi waktu fermentasi dan variasi komposisi serat :jamur .....	46
Tabel 4.2	Hasil perhitungan nilai IFSS pada sabut kelapa dengan variasi Waktu fermentasi dan variasi komposisi serat : jamur .....	58
Tabel 4.3	Hasil pengukuran sudut kontak yang terjadi antara serat-matriks dengan variasi waktu fermentasi dan variasi komposisi serat:jamur	61

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Berkembangnya kesadaran masyarakat untuk melestarikan lingkungan hidup telah memicu pergeseran paradigma untuk mendesain material komposit yang ramah lingkungan dan hemat energi. Material komposit yang diperoleh dari keanekaragaman hayati di alam dan memiliki fungsi lebih baik dari material sintetis tentu akan menjadi pilihan masyarakat, karena lebih aman bagi kesehatan dan dapat memberikan manfaat positif pada pelestarian lingkungan. Dalam bidang rekayasa material khususnya komposit, revolusi industri material berbasis serat sintetis telah mengalami perkembangan yang sangat pesat (Rahmaniah O, Pahlevi R, & Mendila CD, 2011).

Material komposit merupakan perpaduan dari dua material atau lebih yang memiliki fasa yang berbeda menjadi satu material baru yang memiliki sifat lebih baik dari kedua material penyusunnya (matriks dan penguat). Berdasarkan material penyusunnya, komposit dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu komposisi sintesis dan komposit serat alam. Komposit serat alam memiliki keuntungan dibanding dengan komposit serat sintetis yaitu lebih ringan, ramah lingkungan dan lebih murah. Namun serat alam memiliki kekurangan yaitu luas penampangnya yang variatif, sifat sepanjang serat bervariasi dan sangat berpengaruh terhadap kondisi lingkungan. Bentuk dan sifat serat alam bergantung pada spesies, kondisi pertumbuhan, kondisi *defibration* dan proses (Gamstedt E. K & Almgren, 2007).

Serat alam yang dapat digunakan sebagai penguat komposit adalah serat alam yang memiliki kandungan selulosa yang besar. Tanaman penghasil selulosa merupakan komoditas penting setelah tanaman pangan, dan Indonesia sebagai negara dengan keanekaragaman hayati yang luas memiliki peluang yang besar untuk mengeksplorasi pemanfaatan serat alam

sebagai penguat komposit. Potensi serat alam dapat dikelompokkan menurut asal usulnya, yakni tumbuhan, hewan dan tambang. Khusus untuk tumbuhan, serat alam dapat ditemukan pada perkebunan, hutan alami dan tanaman pertanian (Sisworo, SJ, 2009). Melihat letak wilayah Indonesia, menjadikan Indonesia sebagai negara yang memiliki keanekaragaman hayati yang sangat melimpah, sehingga menjadikan peluang yang besar untuk mengeksplorasi pemanfaatan serat alam sebagai penguat komposit. Salah satu sumber daya alam hayati yang dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan komposit adalah sabut kelapa.

Menurut Silva dkk (1999) yang dikutip oleh (Taj S., 2007) sifat mekanis dan termal dari serat kelapa dipengaruhi oleh perlakuan alkali yang diterima. (Taj S., 2007) juga menjelaskan bahwa Tomczak dkk (2008) juga telah meneliti bahwa semakin besar diameter serat sabut kelapa, maka kekuatan dan modulus Young semakin kecil (turun). Serat sabut kelapa memiliki kekuatan tarik dan modulus yang lebih rendah dibanding dengan serat lainnya, namun elongasinya yang paling tinggi mencapai 30%. Hal ini diperoleh dari penelitian yang dilakukan oleh (Taj S., 2007) mengenai sifat mekanis beberapa serat alam seperti yang dapat dilihat di tabel 1.1.

**Tabel 1.1** Sifat Mekanis Beberapa Serat Alam

<b>Serat</b>	<b>Densitas (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Kekuatan Tarik (MPa)</b>	<b>Elongasi (%)</b>	<b>Modulus Elastis (MPa)</b>
Rami	-	400-938	3.6-3.8	61.4-128
Sisal	1.5	511-635	2.0-2.5	9.4-22.0
Sabut Kelapa	1.2	175	30	4.0-6.0
Flax	1.5	345-1035	2.7-3.2	27.6
E-Glass	2.5	2000-3500	2.5	70.0

Berdasarkan survey yang dilakukan oleh *Food and Agriculture Organization Of The United Nation* (FAO) pada tahun 2018, Indonesia merupakan negara penghasil kelapa terbesar didunia dengan total produksi mencapai 18.555.371 ton (Food And Agriculture Organization Of The United Nations, 2018). Bobot sabut kelapa mencapai sepertiga dari berat sebutir kelapa. Apabila produksi kelapa Indonesia sebesar 18 juta ton, maka ada sekitar 6 juta ton sabut kelapa yang dihasilkan. Akan tetapi dengan potensi yang tergolong besar, namun sabut kelapa kebanyakan hanya dijadikan sampah dari hasil pengolahan kelapa, atau hanya sebatas untuk kerajinan, seperti tali, keset, sapu, matran, bahan isian jok mobil dan lain-lain. Sabut buah kelapa termasuk serat selulosa yang diperoleh dari buah kelapa. Berikut adalah komposisi kimia dari sabut kelapa :

**Tabel 1.2** Komposisi Kimia Sabut Kelapa (Sukadarti, Kholisoh, Prasetyo, Santoso, & Mursini, 2010)

Senyawa	Presentase (%)
Selulosa	43,44
Hemiselulosa	19,9
Lignin	45,84
Air	5,25
Abu	2,22

Dari tabel 1.2 menunjukkan bahwa kadar lignin pada sabut kelapa sangatlah tinggi, sehingga harus dihilangkan. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Sjostrom, 1995) bahwa hemiselulosa dan lignin harus dihilangkan karena strukturnya yang bersifat kaku (rigid) yang dapat menyebabkan penurunan kualitas selulosa dalam proses pembentukan komposit. Proses penghilangan atau pengurangan kadar lignin ini disebut dengan delignifikasi. Penggunaan alkali dalam proses delignifikasi dapat menghasilkan sifat dan jumlah rendemen selulosa yang berbeda – beda tergantung pada jenis bahan baku yang digunakan (Hutomo 2010; Bouredja et al. 2015). Proses delignifikasi dapat dilakukan dengan beberapa proses,

salah satunya dengan penggunaan larutan basa atau Alkali *pretreatment* seperti penggunaan NaOH, hal ini dapat digunakan untuk membantu pemisahan lignin dari serat selulosa (Saleh, A., M.D, M, Pakpahan, & Angelina, N, 2009). Menurut (Rout J, Misra M., Tripathy S.S, Nayak S.K., & Mohanty A.K., 2001) perlakuan alkali pada serat sabut kelapa meningkatkan ikatan dengan matriks polyester. Komposit serat sabut kelapa menunjukkan kekuatan tarik yang lebih baik pada alkali 2% sedangkan pada alkali 5% menunjukkan kekuatan lentur dan kekuatan impact yang lebih baik dibanding dengan serat sabut kelapa tanpa perlakuan.

Penggunaan NaOH dalam proses delignifikasi memegang peranan penting karena berfungsi untuk mendegradasi lignin sehingga serat yang akan digunakan dalam pembuatan komposit menjadi bebas atau mempunyai kadar lignin yang sangat rendah. Akan tetapi penggunaan NaOH secara terus menerus mempunyai dampak negatif baik bagi kesehatan, maupun lingkungan. Natrium hidroksida (NaOH) adalah senyawa kimia yang tergolong sebagai basa kuat. Basa kuat adalah zat yang akan terionisasi sempurna didalam air (Raymod, 2010). Karena NaOH adalah senyawa basa kuat, maka dalam pemanfaatannya digolongkan dalam Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun Pasal 1 menjelaskan bahwa B3 adalah zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat dan/atau konsentrasinya dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusakkan lingkungan hidup, dan/atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk lain, sehingga sangat reaktif dan cepat dinetralsir oleh bahan kimia organik didalam tanah. Adapun ciri – ciri dari B3 adalah bahan yang mudah meledak/terbakar, bersifat reaktif, beracun, korosif dan infeksius. NaOH digolongkan kedalam limbah B3 karena memiliki sifat sangat reaktif dan korosif sehingga berbahaya bukan hanya untuk kelestarian lingkungan, akan tetapi juga berbahaya bagi manusia. Apabila NaOH terhirup, maka

dapat menyebabkan bersin, radang tenggorokan/pilek, bahkan pneumonitis berat. Sedangkan apabila NaOH tertelan, maka akan menyebabkan luka bakar serius pada mulut, tenggorokan dan perut, sehingga dapat menyebabkan pendarahan, mual, diare, tekanan darah rendah, bahkan dapat menyebabkan kerusakan jaringan pada perut dan parahnya sampai bisa menyebabkan kematian. Melihat penggunaan cairan kimia dalam proses degradasi lignin yang dapat membahayakan dan merusak baik manusia maupun alam, maka penelitian – penelitian terkait degradasi lignin menggunakan bahan alam mengalami perkembangan yang cukup pesat.

Untuk meningkatkan bioproses dari bahan baku lignoselulosa, dibutuhkan metode degradasi lignin yang lebih efektif. Telah ditemukan bahwa untuk mendegradasi lignin dapat dilakukan dengan memproduksi sistem enzim ligninolitik. Proses produksi enzim ligninolitik tidak hanya menggunakan jamur, akan tetapi bakteri juga mampu untuk memodifikasi lignin. Ada dua jenis enzim yang berasal dari bakteri yang dapat mendegradasi lignin, yaitu peroksidase dan lakase tipe DyP (Gonzalo de Gonzalo, Dana I. Colpa, Mohamed H. M. Habib, & Marco W. Fraaije, 2016). Pertumbuhan jamur secara signifikan mempengaruhi massa kering serta modulus elastisitas dari serat dan tigar serat alami yang diuji, dan pengaruhnya tergantung pada jenis dan skala panjang serat, serta kondisi paparan dan waktu.

Sejumlah jamur pelapuk putih telah dicoba kemampuannya dalam mendegradasi lignin. Biodelignifikasi dapat terjadi jika jamur pelapuk putih menghasilkan enzim degradasi lignin ekstraselular, yaitu lignin peroksidase (LiP) dan Mangan peroksidase (MnP) yang disebut sebagai keadaan ligninolitik (Fadilah, Sperisa Distantina, Enny Kriswiyanti Artati, & Arif Jumari, 2008). Salah satu jenis fungi yang sering digunakan adalah *Pleurotus Ostreatus*. Fungi ini dianggap baik dalam proses delignifikasi karena memiliki kemampuan lignolitik, yakni mampu menghasilkan enzim lignin peroksidase (LiP) dan mangan peroksidase (MnP) yang dapat

mendegradasi lignin. Karena lignin merupakan senyawa yang heterogen dengan berbagai tipe ikatan sehingga tidak dapat diuraikan oleh enzim hidrolisis. Fungi ini telah dipertimbangkan dalam produksi enzim pendegradasi lignin dalam penerapan biokonversi lignoselulosa (Tri Retno, D.L, Nana Mulyana, Nurhasni, & Uswatun Hasanah, 2016).

Sifat mekanis serat dari tumbuhan (*plant fibers*) sangat terkait dengan jumlah selulosa, di mana sangat berhubungan dengan *crystallinity* dari serat dan sudut *micro - fibril* terhadap sumbu serat utama (Sreekala dkk., 1997). Salah satu jenis uji mekanis yang digunakan yaitu dengan melakukan uji tarik serat tunggal (*pull-out*). Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui kemampuan ikat antara serat sabut kelapa dengan matriks/resin yang digunakan. Selain itu, pengujian morfologi dan uji *wettability* juga dapat menjadi indikator dalam sifat mekanis serat.

Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik untuk memanfaatkan limbah sabut kelapa yang jumlahnya melimpah dan tidak bernilai menjadi sesuatu yang lebih berguna dan mempunyai nilai tambah dengan menggunakan bantuan fermentasi jamur pelapuk putih *Pleurotus Ostreatus* menjadi material komposit. Oleh karena itu, peneliti melakukan penelitian sebagai tugas akhir dengan judul **“ANALISIS PENGARUH DEGRADASI LIGNIN SERAT SABUT KELAPA MENGGUNAKAN MEDIASI FUNGI TERHADAP KARAKTERISTIK *INTERLOCK* SERAT-MATRIKS”**.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi waktu dan jumlah fungi dalam proses delignifikasi terhadap dekomposisi lignin dari serat sabut kelapa?
2. Bagaimana morfologi permukaan serat sabut kelapa setelah proses delignifikasi?

3. Bagaimana karakteristik *interlock* serat hasil dekomposisi lignin oleh fungi dengan matriks/resin.
4. Bagaimana karakteristik *wettability* serat hasil dekomposisi lignin oleh fungi dengan matriks/resin

### **I.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang hendak dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisa pengaruh variasi waktu dan jumlah fungi dalam proses delignifikasi terhadap dekomposisi lignin dari serat sabut kelapa.
2. Mengetahui morfologi permukaan serat sabut kelapa setelah proses delignifikasi.
3. Mengetahui karakteristik *interlock* serat hasil dekomposisi lignin oleh fungi dengan matriks/resin.
4. Mengetahui karakteristik *wettability* serat hasil dekomposisi lignin oleh fungi dengan matriks/resin.

### **I.4 Batasan Masalah**

Beberapa batasan masalah yang perlu diperhatikan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sabut kelapa dan jamur *Pleurotus Ostreatus*.
2. Proses fermentasi dilakukan dengan variasi waktu 10 hari, 20 hari dan 30 hari.
3. Rasio perbandingan antara jamur:serat adalah  $1:\frac{1}{2}$ , 1:1,  $1:1\frac{1}{2}$ .
4. Pengujian yang dilakukan yaitu uji Tarik serat *pull-out*, uji morfologi dan uji *wettability*.

## **I.5 Manfaat Penelitian**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dapat memberikan informasi sebagai referensi tambahan yang ingin melakukan riset secara khusus di bidang biokomposit.
2. Dapat menghasilkan material yang relatif baru dan dapat diterima secara teknik serta ekonomis.
3. Dapat mengurangi permasalahan limbah sabut kelapa dan agar limbah sabut kelapa lebih ekonomis dan mempunyai nilai jual.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1 Material Komposit**

##### **II.1.1 Pengertian Bahan Komposit**

Komposit berasal dari kata kerja “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Jadi secara sederhana bahan komposit berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan. komposit merupakan rangkaian dua atau lebih bahan yang digabung menjadi satu bahan secara mikroskopis dimana bahan pembentuknya masih terlihat seperti aslinya dan memiliki hubungan kerja diantaranya sehingga mampu menampilkan sifat-sifat yang diinginkan (Mikell, 1996). Definisi yang lain yaitu, Menurut Matthews dkk. (1993), komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda. Dari campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya sehingga kita leluasa merencanakan kekuatan material komposit yang kita inginkan dengan jalan mengatur komposisi dari material pembentuknya. Jadi komposit merupakan sejumlah sistem multi fasa sifat dengan gabungan, yaitu gabungan antara bahan matriks atau pengikat dengan penguat.

##### **II.1.2 Klasifikasi Komposit**

Secara garis besar komposit diklasifikasikan menjadi tiga macam yaitu:

1. Komposit serat (*Fibrous Composites*)
2. Komposit partikel (*Particulate Composites*)
3. Komposit lapis (*Laminates Composites*)

(Amar, K.M., Manjusri, M, & Lawrence, T.D., 2005) membagi komposit berdasarkan sifat matriks yang dimiliki sebagai berikut :

1. *Polymers Matrix Composites* / Komposit Matriks Polimer (PMCs)

Komposit yang paling umum digunakan adalah komposit matriks polimer. Komposisi ini terdiri dari polimer termoplastik atau termoseting yang diperkuat oleh serat (karbon alami atau boron). Bahan-bahan tersebut dapat dibentuk menjadi berbagai bentuk dan ukuran. Bahan tersebut memberikan kekuatan dan kekakuan yang hebat bersama dengan ketahanan terhadap korosi. Alasan untuk penggunaan komposit jenis ini paling umum adalah biaya rendah, kekuatan tinggi dan prinsip-prinsip manufaktur yang sederhana.

2. *Metal Matrix Composites* / Komposit Matriks Logam (MMCs)

Komposit matriks logam, sesuai dengan namanya, memiliki matriks logam. Contoh matriks dalam komposit tersebut termasuk aluminium, magnesium dan titanium. Jenis serat yang digunakan termasuk karbon dan silikon karbida. Logam yang digunakan dibuat untuk memenuhi kebutuhan desain. Misalnya, kekakuan elastis dan kekuatan logam dapat ditingkatkan, sedangkan koefisien muai panas yang besar, dan konduktivitas termal dan listrik logam dapat dikurangi dengan penambahan serat seperti silikon karbida.

3. *Ceramic Matrix Composites* / Komposit Matriks Keramik (CMCs)

Komposit matriks keramik memiliki matriks keramik seperti alumina, kalsium, aluminosilikat yang diperkuat oleh silikon karbida. Keuntungan CMC meliputi kekuatan tinggi, kekerasan, batas temperatur tinggi untuk keramik, kelembaman kimiawi, dan kepadatan rendah.

Secara alami, bahan keramik tahan terhadap suhu tinggi, cenderung rapuh dan mudah patah. Komposit yang berhasil dibuat dengan matriks keramik diperkuat dengan serat silikon karbida.

Komposit ini menawarkan toleransi suhu tinggi yang sama dari super alloy tetapi tanpa kepadatan yang tinggi. Sifat keramik yang rapuh membuat pembuatan komposit menjadi sulit. Biasanya sebagian besar prosedur produksi CMC melibatkan bahan awal dalam bentuk bubuk.

Ada empat kelas matriks keramik: kaca (mudah dibuat karena suhu pelunakan yang rendah, termasuk borosilikat dan alumino silikat), keramik konvensional (silikon karbida, silikon nitrida, aluminium oksida dan zirkonium oksida sepenuhnya berbentuk kristal), semen dan komponen karbon beton.

#### 4. *Carbon-carbon Composites* / Komposit Matriks Karbon (CCMs)

CCM menggunakan serat karbon di dalam matriks karbon. Komposit matriks karbon digunakan di lingkungan bersuhu sangat tinggi hingga 6000°F, dan dua puluh kali lebih kuat dan tiga puluh kali lebih ringan dari serat grafit.

### **II.1.3 Unsur Utama Pembentuk Komposit**

Serat atau fiber dalam bahan komposit berperan sebagai bagian utama yang menahan beban, sehingga besar kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dari kekuatan serat pembentuknya. Semakin kecil bahan (diameter serat mendekati ukuran kristal) maka semakin kuat bahan tersebut, karena minimnya cacat pada material.

Secara umum dapat dikatakan bahwa fungsi serat adalah sebagai penguat bahan untuk memperkuat komposit sehingga sifat mekaniknya lebih kaku, tangguh dan lebih kokoh dibandingkan dengan tanpa serat penguat, selain itu serat juga menghemat penggunaan resin. Kaku adalah kemampuan dari suatu bahan untuk menahan perubahan bentuk jika dibebani dengan gaya tertentu dalam daerah elastis pada pengujian bending. Tangguh adalah bila pemberian gaya atau beban yang menyebabkan bahan-bahan tersebut menjadi patah pada pengujian titik

lentur. Kokoh adalah kondisi yang diperoleh akibat kelenturan serta proses kerja yang mengubah struktur komposit sehingga menjadi keras pada pengujian kelenturan.

## II. 2 Sabut Kelapa

Kelapa (*Cocos nucifera*) merupakan salah satu anggota tanaman palma yang paling dikenal dan banyak tersebar di daerah tropis. Pohon kelapa merupakan jenis tanaman berumah satu dengan batang tanaman tumbuh lurus ke atas dan tidak bercabang. Tinggi pohon kelapa dapat mencapai 10-14 meter lebih, daunnya berpelepah dengan panjang dapat mencapai 3-4 meter lebih dengan sirip-sirip lidi yang menopang tiap helaian. Dalam taksonomi tumbuh-tumbuhan, tanaman kelapa dimasukkan ke dalam klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom : Plantae (tumbuh-tumbuhan)

Divisio : Spermatophyta (tumbuhan berbiji)

Sub-divisio : Angiospermae (berbiji tertutup)

Ordo : Palmales

Familia : Palmae

Genus : *Cocos*

Spesies : *Cocos nucifera* L. (Wardhani, I. S., 2004)



**Gambar 2.1** Sabut Kelapa

Berdasarkan survey yang dilakukan oleh *Food and Agriculture Organization Of The United Nation* (FAO) pada tahun 2018, Indonesia merupakan negara penghasil kelapa terbesar didunia dengan total produksi mencapai 18.555.371 ton (Food And Agriculture Organization Of The United Nations, 2018). Bobot sabut kelapa mencapai sepertiga dari berat sebutir kelapa. Apabila produksi kelapa Indonesia sebesar 18 juta ton, maka ada sekitar 6 juta ton sabut kelapa yang dihasilkan. Sabut buah kelapa termasuk serat selulosa yang diperoleh dari buah kelapa. Sabut kelapa merupakan bahan yang mengandung lignoselulosa yang dapat dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif bahan baku komposit. Sabut kelapa adalah kulit kelapa yang terdiri dari serat yang terdapat diantara kulit dalam yang keras (batok), tersusun kira-kira 35 % dari berat total buah kelapa yang dewasa. Untuk varitas kelapa yang berbeda tentunya presentase di atas akan berbeda pula.

Sabut kelapa merupakan bagian terbesar dari buah kelapa. Serat sabut dikenal juga *coco fiber*, *coir fiber*, *coir yarn*, dan *rugs*. Sabut kelapa terdiri dari dua bagian, yaitu bagian dalam dan bagian luar. Bagian luar disebut *epikarp* dan bersifat tahan air. Bagian dalam sabut kelapa disebut *mesokarp* (Sukadarti, Kholisoh, Prasetyo, Santoso, & Mursini, 2010).

### **II.3 Komponen Penyusun Sabut Kelapa**

Sabut kelapa adalah salah satu biomassa yang mudah didapatkan dan merupakan hasil samping atau limbah pertanian. Komposisi sabut dalam buah kelapa sekitar 35% dari berat keseluruhan buah kelapa. Sabut kelapa terdiri dari serat (*fiber*) dan gabus (*pitch*) yang menghubungkan satu serat dengan serat yang lainnya. Sabut kelapa terdiri dari 75% serat dan 25% gabus. Adapun komposisi kimia dari sabut kelapa sebagai berikut :

**Tabel 2.1** Komposisi Kimia Sabut Kelapa (Sukadarti, Kholisoh, Prasetyo, Santoso, & Mursini, 2010)

Senyawa	Presentase (%)
Selulosa	43,44
Hemiselulosa	19,9
Lignin	45,84
Air	5,25
Abu	2,22

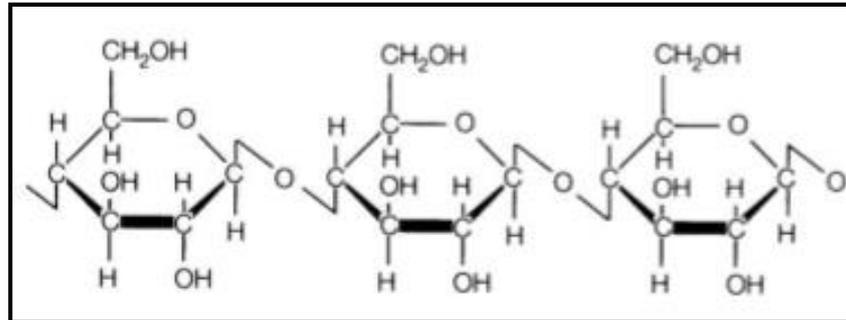
Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa kandungan lignoselulosa pada sabut kelapa sangatlah tinggi. Lignoselulosa merupakan komponen terbesar pada dinding sel pada tumbuhan. Lignoselulosa merupakan senyawa yang terdapat pada tumbuhan yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin, sehingga sulit untuk didegradasi (Tri Retno, D.L, Nana Mulyana, Nurhasni, & Uswatun Hasanah, 2016).

### II.3.1 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, R. E & Othmer, D. F, 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 1).



**Gambar 2.2** 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, dkk. 2011).

### II.3.2 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

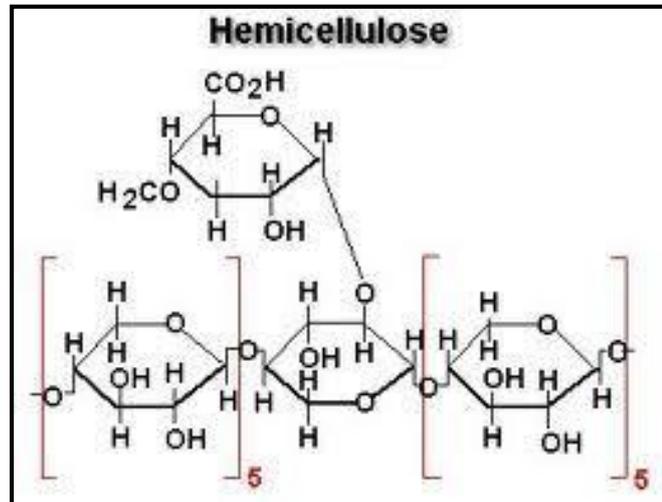
mudah dihidrolisis dengan asam encer, basa, atau enzim. Hemiselulosa mengandung beberapa monomer gula yaitu: xylosa, mannososa, galaktosa, rhamnosa, arabinosa, dan glukosa. Xylosa merupakan gula yang paling banyak terkandung dalam hemiselulosa (Sukadarti, Kholisoh, Prasetyo, Santoso, & Mursini, 2010).

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, dkk. 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, dkk. 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-xylosa dan monosakarida lainnya (Winarno, dkk. 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 2.3 Struktur hemiselulosa

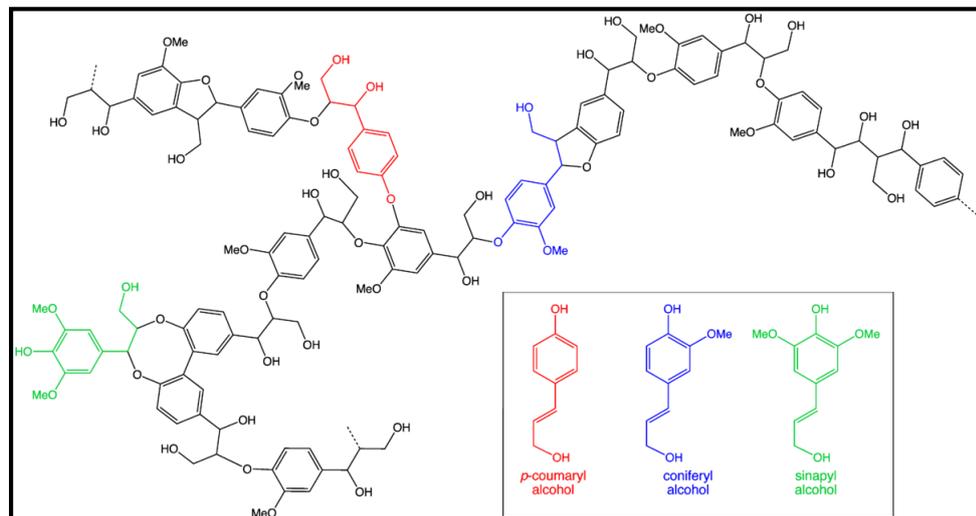
### II.3.3 Lignin

Lignin adalah polimer yang sangat tidak teratur dan tidak larut, memiliki ikatan kovalen dengan hemiselulosa (Dashtban H, Schraft H, Syed TA, & Qin W, 2010). Lignin membentuk sebagian besar biomassa tumbuhan. Ini adalah polimer yang sangat heterogen dari 4 unit hidroksifenilpropanoid dan tertanam dalam polimer polisakarida yang membentuk lignoselulosa. Lignin memberikan kekuatan dan kekakuan pada tanaman dan agak tahan terhadap degradasi (Gonzalo de Gonzalo, Dana I. Colpa, Mohamed H. M. Habib, & Marco W. Fraaije, 2016).

Lignin merupakan polimer dengan struktur aromatik yang terbentuk melalui unit-unit penilpropan yang berhubungan secara bersama oleh beberapa jenis ikatan yang berbeda. Lignin sulit didegradasi karena strukturnya yang kompleks dan heterogen yang berikatan dengan selulosa dan hemiselulosa dalam jaringan tanaman. Lebih dari 30 persen tanaman tersusun atas lignin yang memberikan bentuk yang kokoh dan memberikan proteksi terhadap serangga dan patogen). Disamping memberikan bentuk yang kokoh terhadap tanaman, lignin juga membentuk ikatan yang kuat

dengan polisakarida yang melindungi polisakarida dari degradasi mikroba dan membentuk struktur lignoselulosa.

Lignin terutama terkonsentrasi pada lamela tengah dan lapisan dinding sel yang terbentuk selama proses lignifikasi jaringan tanaman. Lignin tidak hanya mengeraskan mikrofibril selulosa, juga berikatan secara fisik dan kimia dengan hemiselulosa. Lignin terbentuk melalui polimerisasi tiga dimensi derivat dari sinamil alkohol terutama *p*-kumaril, coniferil dan sinafil alkohol dengan bobot molekul mencapai 11. Lignin yang melindungi selulosa bersifat tahan terhadap hidrolisis karena adanya ikatan arilalkil dan ikatan eter.



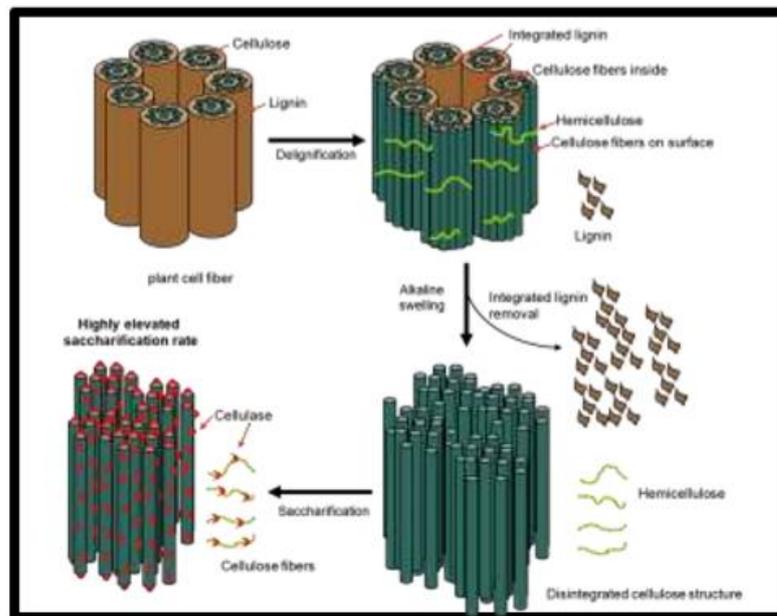
Gambar 2.4 Struktur lignin

## II.4 Delignifikasi

Delignifikasi merupakan suatu proses pembebasan lignin dari suatu senyawa kompleks. Proses ini penting dilakukan sebelum hidrolisis bahan selulotik, sebab lignin dapat menghambat penetrasi asam sebelum hidrolisis berlangsung. Dengan pemberian perlakuan delignifikasi pada substrat maka selulosa alami diharapkan menjadi mudah dihidrolisis oleh proses hidrotermal. Hal-hal mempengaruhi proses delignifikasi antara lain :

- Waktu pemanasan,
- Konsentrasi larutan solvent,
- Ukuran,
- Perbandingan pelarut dengan bahan baku, serta
- Suhu dan tekanan

Lignin memberikan kekuatan dan kekakuan pada tanaman dan agak tahan terhadap degradasi. Untuk meningkatkan pengolahan bahan baku lignoselulosa, metode degradasi lignin sangat dibutuhkan. Proses delignifikasi dapat dilakukan dengan menggunakan bahan kimia baik berupa asam, maupun basa. Akan tetapi saat ini telah ditemukan cara delignifikasi secara alami yaitu dengan melalui produksi sistem enzim ligninolitik khusus. Beberapa jenis enzim yang tersedia bagi bakteri yang memungkinkan mereka bekerja pada lignin (Gonzalo de Gonzalo, Dana I. Colpa, Mohamed H. M. Habib, & Marco W. Fraaije, 2016). Enzim yang dapat mendegradasi lignin adalah mangan peroxidase, lignin peroxidase, dan cellobiose dehydrogenase. (Sukadarti, Kholisoh, Prasetyo, Santoso, & Mursini, 2010).



**Gambar 2.5** Ilustrasi proses delignifikasi

Lignin peroksidase (LiP) dan mangan peroksidase (MnP) adalah enzim peroksidase ekstraseluler yang menggunakan  $H_2O_2$  dalam mendegradasi lignin. (A. Hattaka, 1994). Lignin peroksidase (LiP) mengoksidasi unit non fenolik lignin melalui pelepasan satu elektron dan membentuk radikal kation yang kemudian terurai secara kimiawi. LiP adalah enzim peroksidase ekstraseluler yang aktivitasnya bergantung pada

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. LiP memiliki kemampuan mengkatalis beberapa reaksi oksidasi antara lain pemecahan ikatan C-C rantai samping propil non fenolik komponen aromatik lignin, oksidasi benzil alkohol, oksidasi fenol, hidroksil benzylic methylene groups dan pemecahan cincin aromatik komponen non fenolik senyawa lignin (M. Tien & T. K. Kirk, 1984).

LiP adalah enzim peroksidase ekstraseluler yang aktivitasnya bergantung pada H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. LiP mengoksidasi senyawa aromatik (phenolik dan non fenolik) dengan memindahkan 1 elektron, menghasilkan phenoxy radical dan kation radikal. Kemudian bereaksi secara spontan dengan nukleofil (bagian utama air) dan molekul oksigen. Hasilnya sebuah “*enzymatic combustion*” (pembakaran secara enzimatik) yang memecah ikatan C-C dan C-O, mendepolimerasi senyawa polimer dan membuka cincin aromatik. Kebanyakan produk aromatik dan alifatik terbentuk dengan cara demikian. Veratril alkohol merupakan produk metabolit sekunder. VA merupakan substrat untuk LiP dan menstimulasi kerjanya, kemungkinan bukan sebagai mediator elektron akan tetapi dengan mendonasikan elektron ke LiP, sehingga akan membuat siklus katalitiknya menjadi lengkap (M. Tien & T. K. Kirk, 1984).

Perubahan kandungan lignin pada substrat terjadi karena perombakan struktur lignin menjadi komponen yang lebih sederhana. Penurunan kadar lignin diikuti dengan meningkatnya kadar selulosa pada substrat. Hasil perombakan komponen lignoselulosa ini akan dimanfaatkan oleh fungi untuk pertumbuhan yang berarti akan menekan proses degradasi lignin dan aktivitas degradasi akan terjadi kembali jika ketersediaan nutrisi dalam media berkurang. (Tri Retno, D.L, Nana Mulyana, Nurhasni, & Uswatun Hasanah, 2016)

Perombakan komponen lignoselulosa khususnya lignin ini dipengaruhi oleh hasil fermentasi menggunakan fungi lignoselulolitik. Fungi lignoselulolitik dari kelompok *white rot fungi* merupakan mikroorganisme

yang paling aktif dalam mendegradasi lignin dengan menghasilkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O (Sasikumar V, Priya V, C. Shiv Shankar, & D. Sathiah Sekar, 2014)

## **II.5 Jamur Pelapuk Putih (*White Rot Fungi*)**

Penggunaan teknologi yang ramah lingkungan dalam proses delignifikasi, antara lain dengan menggunakan sistem biologi, yang mengambil keuntungan dari kemampuan alamiah suatu organisme dalam melepaskan serat selulosa dari lignin (biodelignifikasi). Komponen lignoselulosa dari tumbuhan dapat didegradasi oleh beberapa jenis jamur. Di alam terdapat tiga kelompok jamur yang dapat menguraikan komponen kayu (lignoselulosa) yaitu jamur pelapuk coklat (*brown rot*), jamur pelapuk putih (*white rot*) dan jamur pelapuk lunak (*soft rot*). Pengelompokan jamur pelapuk ini didasarkan pada hasil proses pelapukan. Jamur pelapuk coklat menghasilkan sisa hasil pelapukan berwarna coklat sedangkan jamur pelapuk putih menghasilkan sisa hasil pelapukan yang berwarna putih (Fengel, D & G. Wegener, 1995)

Menurut (Fengel, D & G. Wegener, 1995), jamur pelapuk kayu masing – masing memiliki metabolisme degradatif yang berbeda – beda. Kapang pelapuk putih menyerang lignin maupun polisakarida. Kayu yang terdegradasi menjadi putih dan lunak. Berbeda dengan kapang pelapuk putih, kapang pelapuk coklat mendegradasi polisakarida kayu dan mendegradasi sedikit lignin sehingga kayu menjadi coklat dan rapuh. Sedangkan kapang pelapuk lunak lebih menyukai selulosa dan hemiselulosa sebagai substratnya.

Sejumlah jamur pelapuk putih telah dicoba kemampuannya dalam mendegradasi lignin. Biodelignifikasi dapat terjadi jika jamur pelapuk putih menghasilkan enzim degradasi lignin ekstraselular, yaitu lignin peroksidase dan Mn peroksidase yang disebut sebagai keadaan ligninolitik. Lignin peroksidase dan Mn peroksidase diketahui merupakan ekstraselular enzim

yang mengkatalisis oksidasi suatu senyawa aromatik (Fadilah, Sperisa Distantina, Enny Kriswiyanti Artati, & Arif Jumari, 2008).

Jamur tiram putih merupakan salah satu jamur pelapuk putih dari divisi basidiomycetes. Jamur tiram termasuk golongan jamur pelapuk putih penghasil enzim ligninolitik dan ekstraseluler seperti Lignin Peroksidase (LiP), Mangan Peroksidase (MnP), dan Lakase (Gorska E B, et al., 2014).



**Gambar 2.6** Jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*)

Adapun klasifikasi lengkap jamur tiram adalah sebagai berikut:

Kingdom : Fungi

Divisi : Basidiomycota

Kelas : Agaricomycetes

Ordo : Agaricales

Famili : Pleurotaceae

Genus : Pleurotus

Species : Pleurotus Ostreatus

Jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) merupakan salah satu jamur yang dapat mendegradasi lignin yang paling aktif dan mempunyai kemampuan yang tinggi mendegradasi lignin dan rendah tingkat degradasinya terhadap selulosa dan hemiselulosa (A. Hattaka, 1994). Menurut (Chang, S.T & Miles, P. G, 1989) menjelaskan bahwa jamur tiram

putih termasuk golongan jamur selulolitik dan menghasilkan enzim peroksidase, lignoselulase dan pepsin yang terlibat selama proses degradasi lignin. Lebih lanjut dijelaskan bahwa selama degradasi lignoselulosa, jamur tiram putih mampu menurunkan kadar lignin sekitar 10- 40 %.

*Pleurotus ostreatus* atau yang lebih dikenal dengan nama jamur tiram putih merupakan salah satu dari jenis jamur pelapuk putih. Jamur pelapuk putih dapat mendegradasi senyawa organik kompleks melalui katalisis. *Pleurotus ostreatus* dapat mendegradasi senyawa organik kompleks melalui katalisis dengan enzim ligninolitik ekstraseluler seperti lakase (polifenol oksidase), MnP (mangan peroksidase), dan LiP (lignin peroksidase), dimana ketiganya merupakan multi enzim ekstraseluler yang berperan dalam proses degradasi lignin (Sanchez C, 2010). Selain itu, jamur ini juga menunjukkan kemampuan yang tinggi dalam beradaptasi dan efisien dalam menghilangkan senyawa aromatik serta mampu mendegradasi senyawa organik dan anorganik kontaminan (Sen S K, Raut S, Bandyopadhyay P, & Raut S, 2016).

## **II.6 Resin Epoksi**

Dalam dunia industri, resin merupakan bahan yang tidak terpisahkan dalam perkembangan material khususnya dalam proses pembuatan material komposit. Berdasarkan jenisnya, resin dibedakan menjadi 3, yaitu resin akrilik, resin polyester dan resin epoksi. Resin epoksi adalah resin polimer termoseting dimana molekul resin mengandung satu atau lebih gugus epoksida, dimana bahan dasar resin epoksi yang banyak digunakan adalah bisphenol A. Bisphenol A adalah bahan isolasi polimer sebagai bahan dasar epoksi resin yang dihasilkan dari reaksi phenol dan acetone. Pada perkembangannya bisphenol A diganti dengan isolasi polimer jenis epoksi sikloalifatik dengan bahan dasar dari diglycidly ether of bisphenol A (DGEBA). Epoxy bisphenol A memberikan sifat termal dan mekanik yang baik serta reistensi kimia yang baik (Ramon dkk 2018). Resin epoksi ini adalah kombinasi dari bisphenol A dan epichlorohydrin yang

mempunyai formasi dari ikatan polimer, yang mengandung dua kelompok reaktif epoxide dan hydroxyl. Resin epoksi mempunyai kegunaan yang luas dalam industri teknik kimia, listrik, mekanik, dan sipil seperti perekat, cat pelapis, percetakan cor, dan benda-benda cetakan (Heri, J & Syakur A., 2012)

Resin epoksi merupakan jenis polimer dalam kategori termoset. Karakteristik resin epoxy sebagai termosetting dipengaruhi jenis bahan/zat dan proporsi zat curing serta siklus curing dan aditif yang dapat ditambahkan selama proses formulasi. Untuk thermosetting epoxies, rentang kekuatan tarik dari 90 hingga 120 MPa dengan modulus tarik mulai dari 3100 hingga 3800 MPa Selain itu, resin termosetting ini biasanya memiliki temperatur glass transition (Tg) berkisar antara 150 hingga 220 C (Bello, S, Agunsoye, J, Hassan, S. B, Kana, M. G, & Raheem, I, 2015)

Resin epoksi dibuat dengan mencampurkan bisphenol A dan epiklorohidrin (ECH), yang kemudian direaksikan untuk menciptakan unit monomer dasar resin epoksi yang disebut diglycidyl ether of bisphenol-A atau biasa disingkat DGEBA / BADGE (Bipro, B, 2015), namun juga terdapat komposisi lain epoxy selain bisphenol A, diantaranya resin epoxy cycloaliphatic, Trifunctional, Tetrafunctional, Novolac, Biobased, Fluorine-containing, dan Silicon-containing (Jin, F, Li, X, & Park, S, 2015). Epoksi dapat digunakan baik dalam bentuk padat atau cair tergantung pada aplikasi. Dengan demikian, jumlah bisphenol A yang tidak bereaksi dalam aplikasi akhir juga akan tergantung pada jenis resin epoksi yang digunakan (Bipro, B, 2015)

Resin epoksi telah menjadi bahan matriks dominan yang digunakan dalam pengembangan bahan komposit masa kini karena sifatnya yang sangat baik (Sun, Z. et al, 2019), kelebihan dari resin epoxy yaitu : daya rekat tinggi pada substrat, isolasi listrik tinggi, toksisitas rendah, susut rendah, penyusutan rendah, biaya rendah dan penerimaan tinggi untuk berbagai proses dan aplikasi (Bello, S, Agunsoye, J, Hassan, S. B, Kana, M.

G, & Raheem, I, 2015) sedangkan menurut (Xie, X. et al, 2018) resin epoxy memiliki kekuatan tinggi, ketangguhan yang baik, dan masa pembentukan yang singkat sehingga banyak diterapkan pada bidang seperti mesin, konstruksi, industri kimia, dan pembuatan material komposit.

## II.7 Uji Tarik *Pull-Out*

Uji tarik adalah salah satu jenis pengujian tegangan regangan dalam sifat mekanik yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan atau material terhadap gaya tarik saat diberikan beban atau deformasi dari luar. Prinsip dari pengujian tarik ialah benda uji dengan ukuran dan bentuk tertentu ditarik dengan beban kontinyu sambil diukur pertambahan panjangnya. Data yang didapat berupa perubahan panjang dan perubahan beban yang selanjutnya ditampilkan dalam bentuk grafik tegangan regangan. Data-data penting yang didapat dari pengujian tarik ini adalah perilaku mekanik material dan karakteristik perpatahan. Salah satu jenis dari pengujian tarik yaitu uji tarik serat tunggal (*pull-out*).

Pengujian *pull-out* dilakukan untuk mendapatkan tegangan geser antarmuka antara serat dan matrik, serta memberi informasi perilaku kegagalan serat-matrik akibat kompatibilitas dua bahan yang rendah. Prosedur uji *pull-out* secara sederhana dapat dijelaskan di mana serat tunggal ditanam di dalam matrik dengan kedalaman tanam sebesar  $L_x$  kemudian diberi beban tarik axial sebesar  $P$ . Beban  $P$  diharapkan mampu mencabut serat yang tertanam dan diasumsikan tegangan geser di sepanjang permukaan serat tertanam adalah seragam (Sri Chandrabakty, 2011)

Menurut Jacob dkk (2005) yang dikutip oleh (Sri Chandrabakty, 2011), melaporkan bahwa terdapat dua aspek utama yang akan diperoleh dari uji *pull - out* yakni (1) inisiasi perilaku *debonding* atau terlepasnya serat dari matrik pengikatnya yang menunjukkan permukaan serat tidak mampu dilapisi matrik secara sempurna dan (2) tercabutnya serat dari matrik yang gagal melawan gesekan antara permukaan serat dan matrik akibat beban

tarik yang dikenakan. Nilai tegangan geser antara matrik dan serat dapat dihitung dari besarnya beban yang digunakan untuk memutuskan/mencabut serat dari matrik dengan menggunakan persamaan:

$$\tau = \frac{F}{\pi \cdot d \cdot l_x} \dots\dots\dots(1)$$

- Keterangan :
- $\tau$  = tegangan geser (MPa)
  - F = beban maksimum (N)
  - d = diameter serat (mm)
  - $l_x$  = panjang serat tertanam (mm)

Menurut (Sri Chandrabakty, 2011), meningkatnya tegangan geser interfacial pada permukaan serat dipengaruhi oleh jenis dan lama perlakuan serta panjang serat tertanam. Semakin pendek serat yang tertanam namun mampu memberikan kekuatan ikatan geser interfacial serat-matrik maka menghasilkan komposit dengan transfer beban yang lebih efektif dibandingkan serat ukuran panjang namun kekuatan geser interfacial rendah.

## II.8 Uji Morfologi

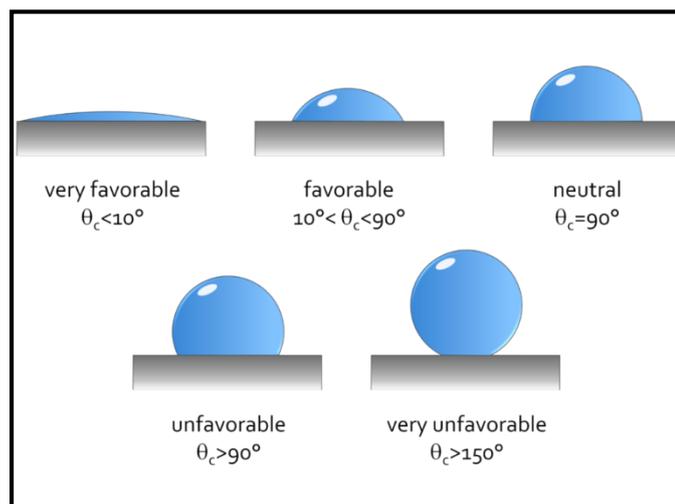
Pada serat alam, morfologi seratnya menunjukkan suatu bentuk dengan perbedaan yang besar antara satu dengan yang lainnya, karena serat-serat tersebut ditentukan oleh jenis tanaman dan jenis hewannya. Dalam batas tertentu morfologi mempunyai bentuk yang tetap, oleh karena itu morfologi serat dari serat 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.

Analisa *Scanning Electron Microscope* (SEM) digunakan untuk melihat bentuk morfologi permukaan spesimen dengan menggunakan metode *Secondary Electron Image* (SEI). Dengan melakukan uji morfologi, maka material yang digunakan dalam proses penelitian dapat diamati secara jelas mulai dari permukaan, bentuk, dan ukuran serat yang diakibatkan oleh perbedaan perlakuan yang diberikan pada material yang sama.

## II.9 Uji *Wettability*

Keterbasahan (*wettability*) adalah kondisi suatu permukaan yang menentukan sejauh mana cairan akan ditarik oleh permukaan, mempengaruhi absorpsi, adsorpsi, penetrasi dan penyebaran perekat (Marra, AA., 1992). Dalam material komposit, ikatan antara serat dan matrik akan berpengaruh pada sifat mekanisnya, dimana karakteristik-nya melibatkan kemampuan basah serat (*Wettability*). Parameter *wettability* antara lain ditentukan dengan sudut kontak yang terbentuk antara matrik dan permukaan serat serta ikatan antar muka (*interfacial bonding*). Sifat adhesi antara serat sebagai penguat dan matrik sangat berpengaruh terhadap sifat mekanis material komposit yang dihasilkan (Bisanda ETN, 2000).



**Gambar 2.7** Sudut Kontak Pada Uji *Wettability*

Cara pengukuran kuantitatif yang melibatkan sudut kontak ( $\theta$ ) antara permukaan serat-matrik, yakni memberikan cairan yang ditempatkan di atas permukaan padat. Semakin kecil sudut kontak *wettability* semakin baik, sehingga matrik sebagai media perekat serat harus memiliki kemampuan melapisi luasan permukaan serat secara optimal. Menurut (Mwaikambo LY & Ansell MP, 1999), sudut kontak untuk menghasilkan kemampuan basah optimal adalah tidak lebih dari  $30^\circ$ . Secara kuantitatif, *wettability* ditunjukkan oleh sudut kontak ( $\theta$ ) antara serat padat dan matrik cair dalam bentuk droplet.