

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT SELULOSA
BAKTERRIAL-LIGNIN UNTUK APLIKASI KAYU SINTETIS**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Strata 1
pada Jurusan Kimia FMIPA UNP*



MEGA HARYANTI

1201527 / 2012

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

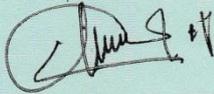
PREPARASI DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT SELULOSA
BAKTERRIAL-LIGNIN UNTUK APLIKASI KAYU SINTETIS

Nama : MEGA HARYANTI
NIM : 1201527
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2016

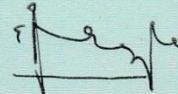
Disetujui oleh

Pembimbing I



Ananda Putra, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP.19720127 199702 1 002

Pembimbing II



Edi Nasra, S.Si., M.Si
NIP. 19810622 200312 1 001

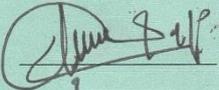
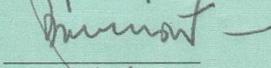
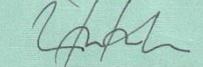
HALAMAN PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan didepan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Kimia Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Judul : Preparasi Dan Karakterisasi Komposit Selulosa Bakterial-
Lignin Untuk Aplikasi Kayu Sintetis
Nama : MEGA HARYANTI
NIM : 1201527
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2016

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Ananda Putra, S.Si., M.Si., Ph.D	
2. Sekretaris	: Edi Nasra, S.Si., M.Si	
3. Anggota	: Dr. Indang Dewata, M.Si	
4. Anggota	: Umar Kalmar Nizar, M.Si., Ph.D	

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Mega Haryanti
TM/NIM : 2012/1201527
Tempat/Tgl Lahir : Arian/25 Oktober 1993
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Alamat : Arian kecamatan X Koto Singkarak Kabupaten Solok
No. HP/Telp : 082385782574
Judul Skripsi : Preparasi dan Karakterisasi Komposit Selulosa Bakterial-Lignin Untuk Aplikasi Kayu Sintetis

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil karya saya dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di UNP maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis/skripsi ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan tim pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada kepustakaan.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangani **Asli** oleh tim pembimbing dan tim penguji.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Padang, Agustus 2016

Yang Membuat Pernyataan



Mega Haryanti

TM/NIM:2012/1201527

ABSTRAK

Mega Haryanti (2016) : Preparasi Dan Karakterisasi Komposit Selulosa Bakterial – Lignin Untuk Aplikasi Kayu Sintetis

Preparasi komposit selulosa bakterial-lignin (KSB-L) telah dilakukan dengan cara merendamkan Selulosa Bakterial (SB) kedalam larutan lignin 0,5;1; dan 2% (b/v). Karakterisasi yang dilakukan meliputi uji sifat fisik (kandungan air), uji sifat mekanik (kuat tekan dan kuat tarik), dan struktur (analisa gugus fungsi dan kristalinitas). Sifat fisik dan mekanik dari KSB-L meningkat seiring dengan pertambahan waktu perendaman. Nilai optimum terdapat pada waktu perendaman hari keempat. KSB-L dengan konsentrasi larutan lignin 2% memiliki persentase kandungan air paling sedikit dibanding KSB-L dengan konsentrasi lignin 0,5% dan 1% yaitu 98,708%. KSB-L dengan konsentrasi lignin 2% memiliki nilai kuat tekan optimum yaitu 3.45 Mpa. Penambahan lignin dapat menurunkan nilai regangan, meningkatkan nilai kuat tarik dan meningkatkan modulus young dari SB. Hal ini menunjukkan bahwa lignin merupakan agen pembentuk segmen keras. KSB-L dengan konsentrasi lignin 0,5% memiliki nilai modulus Young optimum yaitu 47,3332 Mpa. Analisa struktur menggunakan FTIR menunjukkan tidak ada gugus fungsi baru yang terbentuk, melainkan hanya terjadi pergeseran bilangan gelombang. Hasil pengujian dengan menggunakan XRD menunjukkan lignin berpengaruh dalam meningkatkan kristalinitas dari KSB-L yang dihasilkan. Penggunaan sinar UV tidak terlalu berpengaruh terhadap sifat fisik, mekanik dan struktur dari KSB-L yang dihasilkan. Meskipun KSB-L memiliki sifat fisik, mekanik, dan nilai kristalinitas yang lebih tinggi dibanding SB murni, namun KSB-L masih belum memenuhi standar untuk dapat diaplikasikan sebagai kayu sintetis.

Kata kunci : *SB, Lignin, KSB-L, Sinar UV*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbilalamin, puji syukur kehadiran Allah SubhanahuWata'ala yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini yang berjudul “**Preparasi dan Karakterisasi Komposit Selulosa Bakterial-Lignin untuk Aplikasi Kayu Sintetis**”. Skripsi ini diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar sarjana sains di jurusan kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ananda Putra, S.Si., M.Si., Ph.D, pembimbing I
2. Bapak Edi Nasra, S.Si., M.Si, pembimbing II sekaligus Penasehat Akademik.
3. Bapak Dr. Indang Dewata, M.Si., Bapak Umar Kalmar Nizar, Ph.D.
4. Bapak Dr. H. Mawardi, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia.
5. Bapak Harry Sanjaya, S.Si., M.Si selaku Ketua Program Studi Kimia.
6. Staf Akademik Jurusan Kimia, Universitas Negeri Padang.
7. Staf Laboratorium Kimia dan Laboratorium Fisika, Universitas Negeri Padang.
8. Staf Laboratorium Terpadu Kopertis Wilayah X, Sumatera Barat.
9. Staf Laboratorium Jaminan Kualitas dan Inovasi PT. Semen Padang, Sumatera Barat.
10. Kedua Orang Tua tercinta yang telah memberikan semangat serta dorongan kepada Peneliti selama melakukan penelitian dan penulisan.

11. Rekan-rekan Mahasiswa Kimia terutama Angkatan 2012 yang telah memberikan semangat, motivasi dan dorongan kepada penulis.

Semoga rahmat dan kasih sayang Allah SWT selalu tercurah pada kita semua serta usaha dan kerja kita bernilai ibadah di hadapan Allah SWT Amin Ya Rabbal 'Alamin.

Untuk kesempurnaan skripsi ini, maka dengan kerendahan hati penulis mengharapkan masukan dan saran yang membangun dari semua pihak. Atas masukan dan saran yang diberikan penulis haturkan terima kasih.

Padang, Agustus 2016

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
DAFTAR SINGKATAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Rumusan Masalah	3
1.5. Tujuan Penelitian	4
1.6. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Kayu	5
2.2. Selulosa Bakterial.....	5
2.3 <i>Acetobacter xylinum</i>	8
2.4 Aplikasi SB	9
2.5 Komposit.....	9
2.6 Lignin	11

2.7. Karakteristik Komposit Selulosa Bakterial-Lignin (KSB-L).....	13
2.7.1. Pengukuran Kandungan Air (<i>Water Content</i>).....	13
2.7.2 Pengukuran Kuat Tekan (<i>Compressive Strength</i>).....	14
2.7.3 Pengukuran Kuat Tarik (<i>Tensile Strength</i>)	14
2.7.5 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	16
BAB III METODE PENELITIAN.....	17
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2. Objek Penelitian	17
3.3. Variabel Penelitian	17
3.4. Alat dan Bahan.....	18
3.4.1 Alat.....	18
3.4.2 Bahan	18
3.5. Prosedur Penelitian.....	18
3.6. Preparasi SB	19
3.7. Pencucian dan Pemurnian Selulosa Bakterial	19
3.8. Isolasi Lignin dari Serbuk Gergaji	19
3.9. Analisa Gugus Fungsi Lignin dengan FT-IR.....	20
3.10. Pembuatan Larutan Lignin Serbuk Kayu 0,5 ; 1 ; 2 (b/v%)	21
3.11. Preparasi KBS-L	21
3.12. Karakterisasi KSB-L	22
3.12.1 Karakterisasi Sifat Fisik KSB-L.....	22
3.12.2 Karakterisasi Sifat Mekanik KSB-L	23
3.12.3 Karakterisasi struktur KSB-L.....	26

3.13. Desain Penelitian.....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1. Preparasi SB	29
4.2. Pencucian dan Pemurnian SB	30
4.3. Isolasi Lignin dari Serbuk Gergaji Kayu	32
4.4. Preparasi KSB-L	35
4.5. Karakterisasi KSB-L	37
4.5.1. Pengujian Kandungan Air (<i>Water Content</i>) KSB-L	37
4.5.2. Pengujian Kuat Tekan (<i>Compressive Test</i>) KSB-L	39
4.5.3. Pengujian Kuat Tarik (<i>Tensile Strength</i>) KSB-L.....	43
4.5.4. Analisa Gugus Fungsi KSB-L.....	47
4.5.5. Analisa Kristalinitas KSB-L	49
BAB V PENUTUP.....	51
5.1. Kesimpulan	51
5.2. Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Hal
2.1. Morfologi dari SB menggunakan SEM	6
2.2. Struktur Kimia Selulosa	7
2.3. Mekanisme Pembentukan Selulosa.....	8
2.4. Bakteri <i>Acetobacter xylinum</i>	8
2.5. Struktur Lignin	13
2.5. Spektra FTIR SB	15
3.1 (1) Alat uji kuat tekan KSB-L (2) sampel uji kuat tekan KSB-L	24
3.2. Ilustrasi proses kerja alat Compressive test (a) sebelum dilakukan uji dan (b) setelah dilakukan uji.....	24
3.3. Peralatan Uji Kuat Tarik Dan Sampel.....	25
3.4. Ilustrasi pengujian kuat tarik KSB-L	26
4.1. Ilustrasi Pertumbuhan SB.....	29
4.2. (A) SB Yang Terbentuk Sempurna (B) SB Yang Berjamur (C) SB Yang Berlobang-Lobang.....	30
4.3. (A) Pencucian SB dengan Air Mengalir (B) Pemurnian SB dengan Larutan NaOH 2% (C) SB yang Telah dicuci Bersih Setelah Pemurnian.....	31
4.4. Ilustrasi Pemurnian SB.....	32
4.5. Spektra FTIR Lignin Hasil Isolasi Dari Serbuk Gergaji Kayu	33
4.6. Spektra FTIR Lignin Murni	35

4.7. (A) perendaman tanpa penggunaan sinar UV (B) perendaman dengan penggunaan sinar.....	36
4.8. (A) SB sebelum direndam dalam larutan lignin dengan variasi konsentrasi (B) SB yang direndam dalam larutan lignin (C) SB setelah direndam dalam larutan lignin dengan variasi konsentrasi.....	36
4.9. (A) Grafik Pengaruh Waktu Perendaman serta Variasi Konsentrasi Larutan Lignin (TUV) Terhadap Kandungan Air KSB-L (B) Grafik Pengaruh Waktu Perendaman serta Variasi Konsentrasi Larutan Lignin (UV) Terhadap Kandungan Air KSB-L	38
4.10. (A) Grafik pengaruh waktu perendaman serta variasi konsentrasi lignin terhadap nilai kuat tekan KSB-L TUV (B) Grafik pengaruh waktu perendaman serta variasi konsentrasi lignin terhadap nilai kuat tekan KSB-L UV	41
4.11. Sampel KSB-L dan Sampel Kayu.....	43
4.12 (A)Grafik Pengaruh Waktu Perendaman Serta Variasi Konsentrasi Larutan Lignin Terhadap (a) Kuat Tarik KSB-L (b) Regangan KSB-L (c) Modulus young KSB-L Tanpa Menggunakan Sinar UV	44
4.12 (B)Grafik Pengaruh Waktu Perendaman Serta Variasi Konsentrasi Larutan Lignin Terhadap (a) Kuat Tarik KSB-L (b) Regangan KSB-L (c) Modulus young KSB-L Menggunakan Sinar UV	45
4.13 Spektrum FTIR dari SB,Lignin, KSB-L UV dan KSB-L TUV	47
4.14 Difraktogram SB, KSB-L UV dan KSB-L TUV.	49

DAFTAR TABEL

Tabel	Hal
4.1. Spektrum Serapan Lignin Isolat dari Serbuk Gergaji Kayu.....	34
4.2. Puncak Bilangan Gelombang Pada Masing-Masing Gugus Fungsi	48
4.3. Persentase Derajat Kristalinitas KSB-L.....	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Hal
1. Preparasi SB	57
2. Pencucian dan Pemurnian SB	58
3. Isolasi Lignin Dari Serbuk Kayu.....	59
4. Pembuatan larutan lignin 0.5 (b/v %) ; 1 (b/v %) ; 2 (b/v %).....	60
5. Pembuatan KSB-L	61
6. Penentuan Kandungan Air Dalam KSB-L	62
7. Uji Kuat Tekan (<i>Compressive Strength</i>).....	63
8. Uji Kuat Tarik (<i>Tensile strength</i>).....	64
9. Analisa Gugus Fungsi KSB-L.....	65
10. Analisa Derajat Kristalinitas KSB-L.....	66
11. Data Kandungan Air KSB-L.....	67
12. Perhitungan Kandungan Air KSB-L	68
13. Data Pengujian Kuat Tekan KSB-L.....	71
14. Perhitungan Kuat Tekan KSB-L	72
15. Data Kuat Tarik, Elongasi, Regangan Dan Modulus Young KSB-L	76
16. Perhitungan Nilai Modulus Young KSB-L.....	78
17. Spektra FTIR KSB-L	81

18. Difaktogram XRD KSB-L	83
19. Data dan Perhitungan Penentuan Persentase Derajat Kristalinitas KSB-	85
20. Pembuatan SB	86
21. Pencucian dan pemurnian SB	88
22. Pemotongan SB	89
23. Isolasi Lignin Dari Serbuk Gergaji Kayu.....	90
24. Preparasi KSB-L	91
25. Pengukuran Kandungan Air SB	92
26. Pengukuran Kandungan Air KSB-L	93
27. Pengukuran Kuat Tekan KSB-L	94
28. Pengukuran kuat tarik KSB-L.....	95
29. Karakterisasi menggunakan FTIR	96
30. Karakterisasi menggunakan XRD.....	97

DAFTAR SINGKATAN

<i>A.xylinum</i>	=	<i>Acetobacter xylinum</i>
FTIR	=	<i>Fourier Transform Infra Red</i>
KSB-L	=	Komposit Selulosa Bakterial-Lignin
SB	=	Selulosa Bakterial
SEM	=	<i>Scanning Electron Microscopy</i>
TUV	=	Tanpa UV
XRD	=	<i>X-Ray Diffraction</i>
W_w	=	<i>Wet Weight</i>
W_c	=	<i>Water Content</i>
D_w	=	<i>Dry Weight</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Kayu merupakan salah satu hasil hutan yang banyak dimanfaatkan untuk berbagai macam keperluan mulai dari sebagai bahan baku konstruksi bangunan dan perumahan, papan komposit, *furniture*, kerajinan, pulp dan kertas, hingga kayu bakar. Kebutuhan kayu di Indonesia diperkirakan sebesar 57,1 juta m³ per tahun, sedangkan kemampuan hutan alam dan hutan tanaman menghasilkan kayu hanya sebesar 45,8 juta m³ per tahun. Dengan kondisi tersebut, mengakibatkan terjadinya defisit kebutuhan kayu sebesar 11,3 juta m³ per tahun (Pratama, *et al.*, 2014).

Terbatasnya persediaan kayu dan tingginya kebutuhan penggunaan kayu menimbulkan suatu permasalahan. Oleh karena itu, dibutuhkan alternatif lain pengganti kayu. Sebagian besar komponen penyusun kayu adalah selulosa yaitu sekitar 70% dari berat kayu (Suheryanto, 2010). Selulosa selain diproduksi oleh tumbuhan juga diproduksi oleh mikroorganisme seperti bakteri yang dikenal dengan nama Selulosa Bakterial (SB). Salah satu jenis bakteri yang menghasilkan SB adalah bakteri *Acetobacter xylinum* (*A.xylinum*) (Putra *et al.*,2008).

SB memiliki beberapa keunggulan diantaranya adalah waktu yang dibutuhkan untuk memperoleh selulosa lebih singkat, memiliki tingkat kemurnian yang tinggi, struktur jaringan yang sangat baik, kemampuan degradasi tinggi, dan kekuatan mekanik yang unik (Takayasu and Fuhimiro,1997). Selain memiliki

banyak keunggulan SB juga memiliki kekurangan. SB mudah menyerap cairan (higroskopis) serta memiliki kandungan air yang tinggi yaitu sebesar 98-99% (Ciechańska, 2004). Hal ini menyebabkan SB bersifat lunak. Oleh karena itu, perlu dilakukan modifikasi pada SB dengan mengkombinasikan SB dengan material lain sehingga memperoleh material baru yang lebih kuat dan ringan. Material lain yang dapat dikombinasikan dengan SB adalah lignin.

Lignin merupakan komponen pembentuk kayu selain selulosa yaitu sekitar 18 % –28 % dari berat kayu (Suheryanto,2010). Lignin berperan meningkatkan sifat-sifat kekuatan mekanik sedemikian rupa sehingga tumbuhan yang besar seperti pohon yang tingginya lebih dari 15 m tetap dapat kokoh berdiri (Nofriadi,2009). Lignin dapat diperoleh dengan cara mengisolasi dari kayu. Sebagaimana yang diketahui setiap pabrik pengolahan kayu sering dijumpai serbuk sisa penggergajian yang merupakan limbah dari hasil pemotongan. Sampai saat ini pengolahan sisa serbuk penggergajian masih belum dapat dimaksimalkan secara optimal biasanya hanya dibuang ataupun dibakar.

Berdasarkan latar belakang ini peneliti melakukan penelitian dengan menggabungkan SB dan lignin yang diisolasi dari limbah hasil pengolahan kayu. Penggabungan SB dan lignin diharapkan dapat menghasilkan material Komposit Selulosa Bakterial-Lignin (KSB-L) yang kuat dan ringan (*Lightweight Material*). Sehingga, KSB-L dapat dijadikan alternatif lain pengganti kayu. Dimana dalam hal ini SB berperan sebagai *Matrix* dan lignin sebagai *Filler* (pengisi) pada komposit tersebut.

1.2. Identifikasi Masalah

SB berpotensi sebagai alternatif lain pengganti kayu. Namun, SB memiliki sifat yang lunak sehingga belum bisa langsung digunakan sebagai alternatif lain pengganti kayu. Oleh sebab itu, SB perlu dikombinasikan dengan suatu material lain agar dapat menghasilkan suatu material baru yang kuat dan ringan (*Lightweight Material*) sehingga dapat dijadikan sebagai alternatif lain pengganti kayu.

1.3. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus, maka perlu dilakukan beberapa pembatasan masalah, sebagai berikut :

1. Media kultur yang digunakan dalam sintesis SB adalah air kelapa menggunakan bakteri *A.xylinum*.
2. SB digunakan sebagai *matrix* dan *filler* yang digunakan untuk pembuatan komposit adalah Lignin hasil isolasi serbuk gergaji.
3. Variabel yang akan diteliti adalah pengaruh waktu perendaman, pengaruh konsentrasi lignin, dan perlakuan selama perendaman (dengan atau tanpa menggunakan Sinar UV).
4. Karakterisasi KSB-L dilakukan dengan mengukur sifat fisik (kandungan air), sifat mekanik (kuat tarik dan kuat tekan) dan struktur (gugus fungsi dan derajat kristalinitas).

1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, dapat dirumuskan suatu masalah yaitu:

1. Bagaimana pengaruh waktu perendaman terhadap karakteristik sifat fisik, sifat mekanik, dan struktur dari KSB-L
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi lignin terhadap karakteristik sifat fisik, sifat mekanik, dan struktur dari KSB-L
3. Bagaimana pengaruh sinar UV terhadap karakteristik sifat fisik, sifat mekanik, dan struktur dari KSB-L

1.5. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan

1. Pengaruh waktu perendaman terhadap karakteristik sifat fisik, sifat mekanik, dan struktur dari KSB-L
2. Pengaruh konsentrasi lignin terhadap karakteristik sifat fisik, sifat mekanik, dan struktur dari KSB-L
3. Pengaruh sinar UV terhadap karakteristik sifat fisik, sifat mekanik, dan struktur dari KSB-L

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi kepada pembaca bahwa KSB-L berpotensi untuk dijadikan sebagai material baru dalam aplikasi kayu sintesis
2. Menambah wawasan pembaca tentang karakteristik KSB-L
3. Dapat dijadikan sebagai sumber ide dan referensi untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kayu

Kayu merupakan hasil hutan yang mudah diproses untuk dijadikan barang sesuai kemajuan teknologi. Pengertian kayu disini adalah sesuatu bahan yang diperoleh dari hasil pemungutan atau penebangan pohon-pohon di hutan atau di halaman rumah atau tegalan atau pekarangan rumah yang dimanfaatkan untuk sesuatu tujuan penggunaan baik berbentuk kayu pertukangan, kayu industri maupun kayu bakar (Suheryanto, 2010).

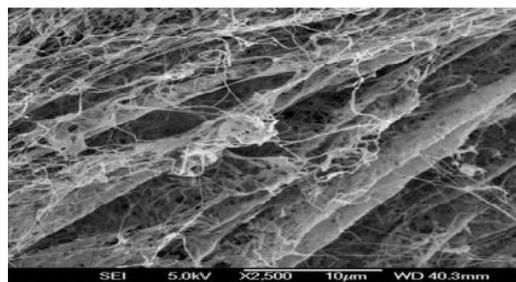
Komponen kimia kayu terdiri atas dua komponen utama yaitu komponen makromolekul yang terdiri dari selulosa, poliosa (hemiselulosa) dan lignin, dan komponen minor yang terdiri dari ekstraktif dan zat-zat mineral. Perbandingan dan komposisi kimia selulosa, lignin dan poliosa berbeda pada kayu daun jarum dan kayu daun lebar (Fengel dan Wegener 1995). Komposisi kimia untuk serat kayu daun jarum terdiri dari $28\pm 3\%$ lignin, selulosa $42\pm 2\%$, hemiselulosa $27\pm 2\%$ dan zat ekstraktif $3\pm 2\%$, sedangkan untuk serat kayu daun lebar terdiri dari lignin $20\pm 4\%$, selulosa $45\pm 2\%$, hemiselulosa $30\pm 5\%$ dan zat ekstraktif $5\pm 3\%$ (Nofriadi, 2009).

2.2. Selulosa Bakterial

Selulosa merupakan polimer alam yang melimpah yaitu sekitar 1.5×10^{12} ton dari total produksi biomassa tahunan. Molekul selulosa dibentuk oleh ± 10.000 monomer glukosa yang diikat dengan ikatan 1,4- β -glukosida. Setiap monomer glukosa memiliki tiga gugus hidroksil (-OH). Sebanyak 36 molekul selulosa

terikat bersama-sama oleh ikatan hidrogen membentuk seberkas fibril elementer. Fibril elementer bergabung membentuk mikrofibril, kemudian mikrofibril bergabung membentuk fibril dan akhirnya membentuk serat-serat selulosa. Penyusunan serat-serat selulosa menghasilkan daerah kristalin (bila molekul selulosa tersusun teratur) dan amorf (bila tidak teratur). Perbandingan daerah kristalin dengan daerah amorf dari selulosa sangat bervariasi. Daerah kristalin dalam selulosa berkisar antara 50–70% (Sanjaya, 2001).

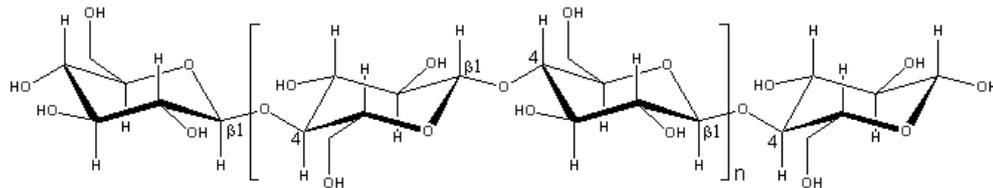
Selulosa dapat berasal dari berbagai sumber seperti tanaman kayu, dan non kayu. Selain dari tumbuh-tumbuhan, selulosa juga dapat dihasilkan dari sintesis mikroorganisme yang biasa disebut selulosa bakterial (SB). SB adalah salah satu bentuk dari selulosa ekstra selular yang diproduksi oleh bakteri dari genus *Acetobacter* seperti *Acetobacter xylinum* (*A.xylinum*) dan terdiri dari suatu jaringan serat hidrofilik yang sangat murni yang bertumpuk dalam struktur yang bertingkat-tingkat (Putra, Hagiwara, Kakugo, Furukawa, & Gong, 2009). Morfologi dari SB dapat dilihat dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Morfologi dari SB menggunakan SEM (Çoban dan Biyik, 2011)

SB yang diproduksi oleh bakteri *A.xylinum* dari segi ukuran, kristalinitas dan kemurnian berbeda dengan selulosa yang berasal tumbuhan. Berdasarkan sifat

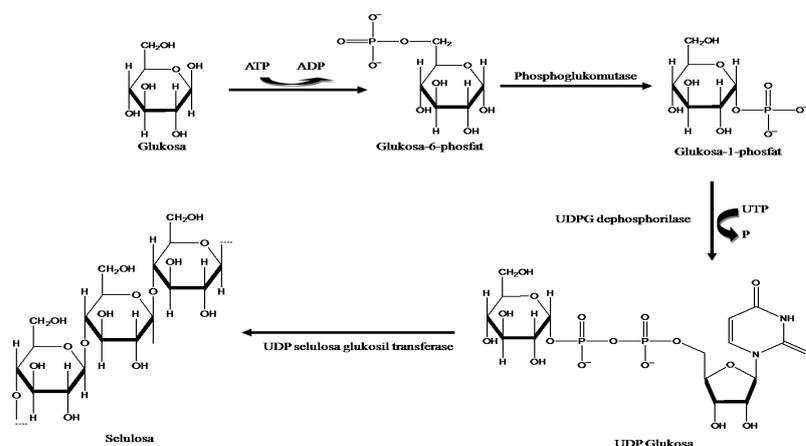
fisikokimianya inilah, muncul ketertarikan yang cukup besar untuk pengembangan dan pengaplikasian selulosa bakterial agar dapat diproduksi secara massal (Bae, et al., 2004). Struktur Kimia dari selulosa dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Struktur Kimia Selulosa (Silitonga, 2011)

SB mempunyai banyak aplikasi dalam berbagai bidang, misalnya dalam industri kertas, tekstil, makanan, sebagai biomaterial dalam memproduksi kosmetik, kulit buatan dan pembuluh darah buatan (Rohaeti, 1998). Selain itu berbagai penelitian tentang pengembangan selulosa bakterial sebagai material yang bernilai tambah sudah banyak dilakukan, diantaranya adalah SB sebagai film selulosa dan plastik biodegradabel (*Biodegradable plastic*) (Zaki, dkk. 2010), serta sebagai adsorben dalam menyerap logam-logam berat (Aprilia, 2009).

Mekanisme pembentukan Selulosa dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3.Mekanisme Pembentukan Selulosa (Pardosi,2008)

2.3 *Acetobacter xylinum*

A. xylinum atau *Gluconacetobacter xylinus* merupakan bakteri berbentuk batang pendek dan tergolong ke dalam jenis bakteri gram negatif, memiliki lebar 0,5-1 μ m dan panjang 2-10 μ m. Bakteri *A. xylinum* mampu mengoksidasi glukosa menjadi asam glukonat dan asam organik lain pada waktu yang sama. Sifat yang paling menonjol dari bakteri itu adalah memiliki kemampuan untuk mempolimerisasi glukosa menjadi selulosa. Selanjutnya selulosa tersebut membentuk matrik yang dikenal sebagai SB (Tomita dan Kondo, 2009). Morfologi *A. xylinum* disajikan pada Gambar. 2.4.



Gambar 2.4 Bakteri *Acetobacter xylinum* (Nainggolan, 2009)

Klasifikasi *Acetobacter xylinum* sebagai berikut :

Domain	: Bacteria
Phylum	: Protobacteria
Kelas	: Alphaprotobacteria
Ordo	: Rhodospirillales
Famili	: Acetobacteraceae
Genus	: <i>Acetobacter</i>
Spesies	: <i>Acetobacter xylinum</i>

A.xylinum menghasilkan selulosa sebagai produk metabolit sekunder, sedangkan produk metabolit primernya adalah asam asetat. Semakin banyak kadar nutrisi, semakin besar kemampuan menumbuhkan bakteri tersebut maka semakin banyak *A.xylinum* dan semakin banyak selulosa yang terbentuk. Faktor-faktor yang mempengaruhi kemampuan *A.xylinum* dalam menghasilkan selulosa yaitu metode kultivasi, sumber karbon, sumber nitrogen, pH, dan temperatur (Çoban dan Biyik, 2011).

2.4 Aplikasi SB

SB telah diaplikasikan dalam berbagai bidang mulai dari yang sederhana seperti makanan hingga hal yang lebih kompleks seperti diafragma akustik untuk pengeras suara, pembuatan kertas yang kuat dan tahan. SB juga dapat dimanfaatkan pada bidang medis seperti perawatan luka dan pembuatan kulit.

Menurut Field (2012) SB memiliki banyak kemungkinan-kemungkinan untuk dapat diaplikasikan dalam berbagai hal, sebagai contoh saat ini SB telah dijadikan sebagai suatu kertas berkualitas tinggi, pengobatan luka dan juga sebagai makanan penutup (*Dessert Food*), selain itu material komposit dari SB juga dapat diaplikasikan pada bidang transportasi sebagai kendaraan yang ringan (*Lightweight Vehicle*).

2.5 Komposit

Kata komposit berasal dari kata “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Secara sederhana bahan komposit berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan. Jadi komposit adalah suatu bahan

yang merupakan gabungan atau campuran dari dua material atau lebih pada skala makroskopis untuk membentuk material ketiga yang lebih bermanfaat (kadir *et al.*,2014).

Komposit merupakan sifat gabungan dua fasa atau sistem multifasa, yaitu gabungan antara bahan *matrix* (A), dengan *Reinforcement* (B) dan bahan *Interface* (C). Umumnya komposisi bahan A lebih banyak daripada komposisi bahan B dan C. *Matrix* dalam suatu komposit dapat berupa bahan keramik/gelas, logam maupun bahan-bahan polimer. Komposit dibuat untuk memperbaiki sifat-sifat mekanis, termal, kimia dan biologi yang tidak dapat dipenuhi salah satu komponen tanpa dipadukan dengan bahan lain. (Jalal, 2005)

Pada umumnya komposit yang dibuat manusia dapat dibagi dalam tiga kelompok utama :

- Komposit Matrik Polimer (*Polymer Matrix Composites*)

Komposit Matrik Polimer (*Polymer Matrix Composites*) bahan ini merupakan bahan komposit yang sering digunakan disebut Polimer penguatan serat (*Fibre Reinforced Polymers or Plastics*) bahan ini menggunakan suatu polimer berdasar resin sebagai matriknya, dan suatu jenis serat seperti kaca, karbon dan aramid (Kevlar) sebagai penguatannya.

- Komposit Matrik Logam (*Metal Matrix Composites*)

Komposit Matrik Logam (*Metal Matrix Composites*) ditemukan berkembang pada industri otomotif, bahan ini menggunakan suatu logam seperti aluminium sebagai matrik dan penguatnya dengan serat silikon seperti karbida.

- Komposit Matrik Keramik (*Ceramic Matrix Composites*)

Komposit Matrik Keramik (*Ceramic Matrix Composites*) digunakan pada lingkungan bertemperatur sangat tinggi, bahan ini menggunakan keramik sebagai matrik dan diperkuat dengan serat pendek, atau serabut-serabut (*whiskers*) dimana terbuat dari *silicon carbide* atau *boron nitride* (Sugiarto, 2012).

Keuntungan utama dari material komposit adalah kekuatan dan kekakuannya yang tinggi dengan densitas yang rendah, sehingga jika diaplikasikan pada suatu benda maka benda dengan bahan dasar material komposit akan memiliki berat yang jauh lebih ringan jika dibandingkan dengan material konvensional. Saat ini material komposit telah digunakan dalam berbagai aspek kehidupan manusia, seperti pada bidang konstruksi, transportasi, energi, dan lain-lain

2.6 Lignin

Lignin merupakan polimer alami terbanyak kedua setelah selulosa dan berperan penting dalam dunia tumbuhan. Lignin meningkatkan sifat-sifat kekuatan mekanik sedemikian rupa sehingga tumbuhan yang besar seperti pohon yang tingginya lebih dari 15 m tetap dapat kokoh berdiri.

Lignin adalah suatu polimer yang kompleks dengan berat molekul tinggi, tersusun atas unit-unit fenilpropan. Meskipun tersusun atas karbon, hidrogen dan oksigen, lignin bukanlah suatu karbohidrat dan bahkan tidak ada hubungan dengan golongan senyawa tersebut, akan tetapi lignin pada dasarnya adalah suatu fenol. Lignin sangat stabil dan sukar dipisahkan dan mempunyai bentuk

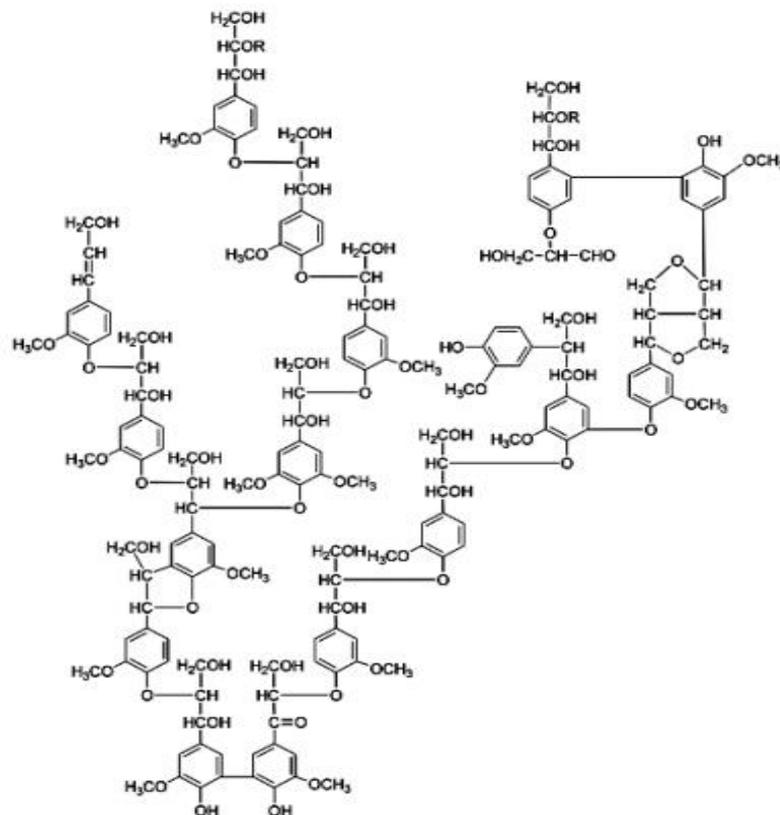
yang bermacam-macam, karenanya susunan lignin yang pasti di dalam kayu tetap tidak menentu (Haygreen dan Bowyer 1996).

Lignin terdapat diantara sel-sel dan di dalam dinding sel. Diantara sel-sel, lignin berfungsi sebagai perekat untuk mengikat sel-sel bersama-sama. Dalam dinding sel, lignin sangat erat hubungannya dengan selulosa dan berfungsi untuk memberikan ketegaran pada sel, berpengaruh dalam memperkecil perubahan dimensi sehubungan dengan perubahan kandungan air kayu dan lignin dapat mempertinggi ketahanan kayu terhadap serangan cendawan dan serangga melalui perannya sebagai *physical barrier*.

Struktur molekul lignin sangat berbeda bila dibandingkan dengan polisakarida karena terdiri atas sistem aromatik yang tersusun atas unit-unit fenilpropana. Dalam kayu daun jarum kandungan lignin lebih banyak bila dibandingkan dengan kayu daun lebar dan juga terdapat beberapa perbedaan dalam strukturnya. Dari segi morfologi, lignin merupakan senyawa amorf yang terdapat dalam lamela tengah majemuk maupun dalam dinding sekunder. Selama perkembangan sel, lignin dimasukan sebagai komponen terakhir di dalam dinding sel, menembus diantara fibril-fibril sehingga memperkuat dinding sel (Fengel dan Wegener 1995).

Secara fisik lignin berwujud amorf (tidak berbentuk), berwarna kuning cerah dengan bobot jenis berkisar antara 1,3 sampai 1,4 bergantung pada sumber ligninnya. Indeks refraksi lignin sebesar 1,6. Sifatnya yang amorf menyebabkan lignin sulit dianalisa dengan sinar-X. Lignin juga tidak larut dalam air, dalam larutan asam dan larutan hidrokarbon. Karena lignin tidak larut dalam asam sulfat

72%, maka sifat ini sering digunakan untuk uji kuantitatif lignin. Lignin tidak dapat mencair, tetapi akan melunak dan kemudian menjadi hangus bila dipanaskan. Lignin yang diperdagangkan larut dalam alkali encer dan dalam beberapa senyawa organik (Kirk dan Othmer dalam Lubis, 2007). Struktur lignin dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2.5. Struktur Lignin (Rastuti dan Purwati,2010)

2.7. Karakteristik Komposit Selulosa Bakterial-Lignin (KSB-L)

2.7.1. Pengukuran Kandungan Air (*Water Content*)

Kadar air SB adalah banyaknya air yang terperangkap dalam bahan SB. Kecukupan nitrogen dalam medium akan menstimulir bakteri dalam mensintesa selulosa dan menghasilkan SB dengan ikatan kuat dengan pori

yang kecil. Kuatnya ikatan selulosa ini menyebabkan jumlah air yang terperangkap dalam jaringan SB lebih rendah, sehingga kadar air menjadi rendah (Tari et al., 1998).

2.7.2 Pengukuran Kuat Tekan (*Compressive Strength*)

Pengukuran kuat tekan atau *compressive strength* merupakan pengukuran kapasitas suatu material atau struktur untuk tahan terhadap beban atau tekanan yang cenderung merubah bentuk atau ukurannya. Hal ini dapat diukur dengan memplot tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk material pada mesin uji. Beberapa material akan menjadi hancur atau pecah pada batasan kuat tekannya sehingga nilai yang diberikan saat terjadinya perubahan bentuk pada material tersebut dianggap sebagai batasan tekanan yang dapat diterimanya. Pengukuran kuat tekan ini merupakan suatu parameter yang penting dalam mendesain atau membuat sebuah struktur material (Urbanik, Lee, & Johnson, 2006)

2.7.3 Pengukuran Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

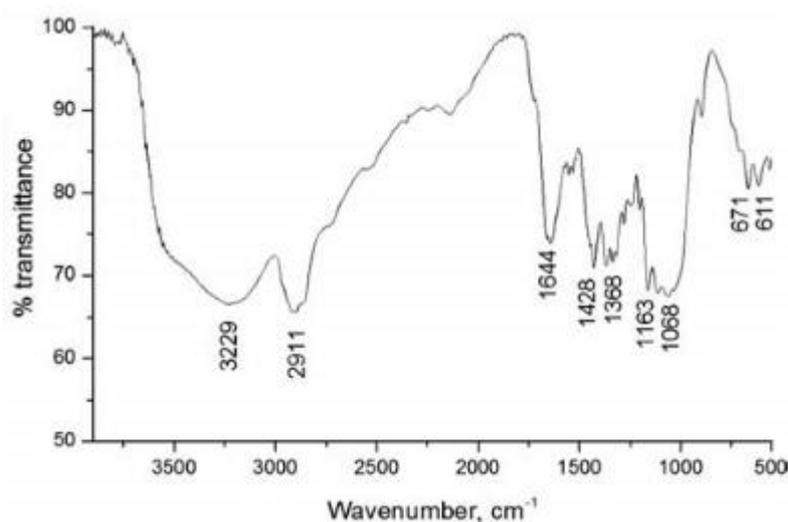
Pengukuran kuat tarik atau *Tensile strength* ialah kemampuan sejauh mana KSB-L yang dihasilkan dapat ditarik. Kuat tarik adalah gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh SB selama pengukuran berlangsung sampai terputus (Iskandar, Zaki, Mulyati, Fathanah, & Sari, 2010).

2.7.4 *Fourier Transform Infra-Red (FTIR)*

Karakterisasi FTIR dilakukan untuk menentukan jenis ikatan yang terdapat pada sampel. Spektroskopi Inframerah didasari oleh vibrasi dari atom pada molekul dimana setiap atom memiliki frekuensi vibrasi yang berbeda bergantung

pada jenis ikatannya. Jika sinar Inframerah dipancarkan ke sampel, maka setiap ikatan hanya akan mengabsorpsi energi yang bersesuaian dengan frekuensi vibrasi ikatan tersebut. Setiap ikatan dalam molekul umumnya memiliki karakteristik sendiri sehingga spektroskopi FTIR dapat digunakan untuk mendeteksi gugus yang spesifik pada SB yang dihasilkan (Jahuddin et al., 2014).

Spektroskopi FTIR merupakan suatu pengukuran dimana seberkas sinar inframerah dilewatkan pada sampel polimer sehingga beberapa frekuensi akan diserap oleh molekul dan sebagian lainnya akan ditransmisikan. Transisi yang terlibat pada absorpsi IR berhubungan dengan perubahan vibrasi yang terjadi pada molekul. Jenis ikatan yang ada dalam molekul polimer (C-C, C=C, C-O, C=O) memiliki frekuensi vibrasi yang berbeda. Adanya ikatan tersebut dalam molekul polimer dapat diketahui melalui identifikasi frekuensi karakteristik sebagai puncak absorpsi dalam spektrum IR (Rohaeti, 2009). Spektra FTIR dari selulosa bakterial dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2.5. Spektra FTIR SB (Gayathry,2014)

2.7.5 X-Ray Diffraction (XRD)

XRD merupakan sebuah alat yang dapat memberikan informasi tentang struktur termasuk keadaan amorf dan kristalin suatu polimer. Prinsip dari alat XRD adalah sinar X yang dihasilkan dari suatu logam tertentu memiliki panjang gelombang tertentu, sehingga dengan memvariasi besar sudut pantulan sehingga terjadi pantulan elastis yang dapat dideteksi. Maka menurut Hukum *Bragg* jarak antar bidang atom dapat dihitung dengan data difraksi yang dihasilkan pada besar sudut – sudut tertentu.

Analisa menggunakan radiasi inframerah telah menjadi salah satu alat analisa kimia yang sangat penting dalam menganalisa dan mengidentifikasi polimer. Selain itu analisa menggunakan radiasi inframerah juga sangat penting dalam pemantauan degradasi polimer (Schnabel, 2004).

Metode difraksi sinar X dapat digunakan untuk mengetahui struktur dari lapisan tipis yang terbentuk. Sampel diletakan pada *sampel holder* difraktometer sinar X. Proses difraksi sinar X dimulai dengan menyelakan difraktometer sehingga diperoleh hasil difraksi berupa difraktogram yang menyatakan hubungan antara sudut difraksi dengan intensitas sinar X yang dipantulkan. Untuk difraktometer sinar X, sinar X terpancar dari tabung sinar X. Sinar X ditangkap oleh detektor sintilator dan diubah menjadi sinyal.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengaruh waktu perendaman terhadap karakteristik sifat fisik, sifat mekanik, dan struktur dari KSB-L yaitu:

- Semakin lama waktu perendaman sifat fisik dari KSB-L meningkat dengan ditandai semakin berkurangnya persentase kandungan air pada KSB-L
- Semakin lama waktu perendaman sifat mekanik semakin meningkat
- Semakin lama waktu perendaman semakin meningkat kristalinitas dari KSB-L namun tidak membentuk gugus fungsi baru.

2. Pengaruh variasi konsentrasi larutan lignin terhadap sifat fisik, sifat mekanik, dan struktur dari KSB-L yaitu:

- KSB-L dengan konsentrasi lignin 2% memiliki sifat fisik lebih baik daripada KSB-L dengan konsentrasi lignin 1% dan 0.5% ditandai dengan persentase kandungan air KSB-L 2% lebih kecil.
- KSB-L dengan konsentrasi 2% memiliki nilai kuat tekan lebih besar dibanding dengan KSB-L dengan konsentrasi lignin 1% dan 0.5%. KSB-L dengan konsentrasi 0.5% memiliki nilai kuat tarik dan modulus young yang lebih tinggi dibandingkan dengan KSB-L

dengan konsentrasi lignin 1% dan 2%. KSB-L dengan konsentrasi lignin 2% memiliki derajat kristalinitas lebih tinggi dibanding SB tanpa membentuk gugus fungsi baru.

3. Penggunaan sinar UV tidak terlalu berpengaruh terhadap sifat fisik, sifat mekanik, dan struktur dari KSB-L yang dihasilkan.

5.2. Saran

1. Penelitian ini memerlukan kajian lebih lanjut mengenai karakterisasi morfologi permukaan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk menentukan permukaan KSB-L yang dihasilkan serta untuk mengetahui posisi lignin didalam KSB-L.
2. Penelitian ini memerlukan perlakuan lebih lanjut untuk mendapatkan sifat mekanik yang sesuai dengan standar kayu yaitu dengan penambahan *crosslinker* dan penambahan waktu perendaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprilia, L. 2009. "Preparasi Produk Nata De Pina Dan Aplikasi Pengikatanya Terhadap Logam Kobalt (II)." *Skripsi. Institut Pertanian Bogor*.
- Bae, S., Sugano, Y., & Shoda, M. (2004). Improvement of bacterial cellulose production by addition of agar in a jar fermentor. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 97(1), 33–38. doi:10.1263/jbb.97.33
- Ciechańska, D.2004. "Multifunctional bacterial cellulose/chitosan composite materials for medical applications". *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 12(4), 69–72.f
- Çoban ,Esin Poyrazolu and Halil Biyik. 2011. *Effect of various carbon and nitrogen sources on*
- Diharjo K. 2006, "Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester". Vol. 8, No. 1. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik. Universitas Negeri Sebelas Maret. Surakarta.
- Field, L. S. 2012. Bacterial Cellulose Composites Opportunities and Challenges. In *Pacific Northwest National Library* (pp. 1–10).
- Gayathry, G., & Gopalswamy, G. (2014). Production and characterisation of microbial cellulosic fibre from *Acetobacter xylinum*. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 39(1), 93–96.
- Haygreen dan Bowyer, J.L., 1996, Hasil Hutan dan Ilmu Kayu Suatu Pengantar, Terjemahan, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hergert, H. L. 1971. *Infrared Spectra*. Willey Interscience, New York. 267-297.
- Iskandar, Zaki, M., Mulyati, S., Fathanah, U., & Sari, I. (2010). Pembuatan Film Selulosa dari Nata de Pina. *Rekayasa Kimia Dan Lingkungan*, 7(3), 105–111.
- Jahuddin, M. M. ., Ratnasari, A., Rabbani, A. ., Khazai, N. ., Jatmoko, K. ., Permatasari, F. ., & Aprilia, S. . (2014). Karakterisasi CuO Menggunakan SEM, EDS, XRD dan FTIR. In *Modul RBL*.
- Jalal, R. (2005). Pembuatan Komposit Polipropilena dengan Penguat Serat Propilena Terorientasi dan Bahan Pengikat Anhidrida Maleat. *Tesis*.