

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT
SELULOSA BAKTERIAL-EKSTRAK DAUN KACA PIRING
(*Gardenia augusta*) UNTUK APLIKASI BIOMEDIS**

SKRIPSI

*Diajukan kepada Tim Penguji Skripsi Jurusan Kimia
sebagai salah satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains*



SILVIA DEWI SARTIKA

1201526 / 2012

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

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

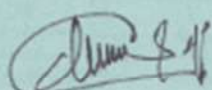
PREPARASI DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT SELULOSA
BAKTERIAL-EKSTRAK DAUN KACA PIRING (*Gardenia augusta*)
UNTUK APLIKASI BIOMEDIS

Nama : SILVIA DEWI SARTIKA
NIM : 1201526
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2016

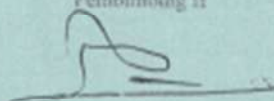
Disetujui oleh

Pembimbing I



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

Pembimbing II



Prof. Ali Amran, M.Pd., M.A., Ph.D
NIP. 19471022 197109 1 001

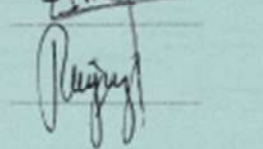
HALAMAN PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

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

Judul : Preparasi dan Karakterisasi Komposit Selulosa Bakterial-
Ekstrak Daun Kaca Piring (*Gardenia augusta*) untuk
Aplikasi Biomedis
Nama : SILVIA DEWI SARTIKA
NIM : 1201526
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	: Prof. Ali Amran, M.Pd., M.A. Ph.D	
3. Anggota	: Dr. Mawardi, M.Si	
4. Anggota	: Drs. Bahrizal, M.Si	
5. Anggota	: Dr. Rahadian, Z., S.Pd., M.Si	

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Silvia Dewi Sartika
TM/NIM : 2012/1201526
Tempat/Tgl Lahir : Biano/17 November 1994
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Alamat : Balai Gurah Kecamatan Ampek Angkek Kabupaten Agam
No. HP/Telp : 085274129583/0752 427161
Judul Skripsi : Preparasi dan Karakterisasi Ekstrak Daun Kaca Piring (*Gardenia augusta*) Untuk Aplikasi Biomedis

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 Membunt Pernyataan



Silvia Dewi Sartika
1201526

ABSTRAK

Silvia Dewi Sartika, 2016 : Preparasi dan Karakterisasi Komposit Selulosa Bakterial-Ekstrak Daun Kaca Piring (*Gardenia augusta*) untuk Aplikasi Biomedis

Selulosa bakterial merupakan hasil fermentasi air kelapa dengan bantuan bakteri *Acetobacter xylinum*. SB yang dihasilkan dijadikan komposit dengan penambahan bahan alam yaitu Ekstrak Daun Kaca Piring. Daun Kaca Piring merupakan perdu tahunan dari suku kopi-kopian atau *Rubiaceae*. Daun kaca piring (*Gardenia augusta*) memiliki kandungan kimia seperti: flavonoid, saponin, tanin, galat, dan steroid atau terpenoid. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh waktu perendaman 1,2,3 dan 4 hari SB dalam EDKP tanpa dan dengan menggunakan sinar UV terhadap sifat fisik (kandungan air), sifat mekanik (uji kuat tekan dan uji kuat tarik) dan struktur (gugus fungsi dan kristalinitas) terhadap Komposit Selulosa Bakterial-Ekstrak Daun Kaca Piring yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan uji kandungan air SB adalah 99,156%, KSB-EDKP-UV memiliki kandungan air lebih sedikit yaitu 98,981% dibanding dengan KSB-EDKP-TUV yaitu 99.081%. Uji kuat tekan KSB-EDKP-TUV adalah 2,883 MPa dan KSB-EDKP-UV yaitu 2,900 MPa lebih tinggi dibanding dengan SB yaitu 0,29 MPa. Uji kuat tarik dari KSB-EDKP tanpa dan menggunakan sinar UV dapat mengetahui keelastisitasan dari sampel, berdasarkan hasil diperoleh dengan perendaman ini dapat meningkat keelastisitasan dari SB. Hasil spektra FTIR dan difraktrogram XRD menunjukkan bahwa SB dan KSB-EDKP tanpa dan menggunakan sinar UV termasuk ke golongan selulosa I.

Kata Kunci : *Selulosa bakterial, EDKP, KSB-EDK, sinar UV*

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **Preparasi dan Karakterisasi Komposit Selulosa Bakterial Daun Kaca Piring (*Gardenia augusta*) untuk Aplikasi Biomedis**. Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas bimbingan, dorongan dan semangat kepada :

1. Bapak Ananda Putra, S.Si., M.Si., Ph.D sebagai Pembimbing I dan Penguji
2. Bapak Prof. Ali Amran, M.Pd., M.A., Ph.D sebagai Pembimbing II sekaligus Penasihat Akademik dan Penguji
3. Bapak Drs. Bahrizal, M.Si., Bapak Dr. Mawardi, M.Si., dan Bapak Dr. Rahadian Z, M.Si. selaku Dosen Penguji.
4. Bapak Dr. H. Mawardi, M.Si sebagai Ketua Jurusan Kimia, Bapak Edi Nasra, S.Si., M.Si sebagai Sekretaris Jurusan Kimia, Bapak Hary Sanjaya, S.Si., M.Si. sebagai Ketua Program Studi Kimia Jurusan Kimia FMIPA UNP.
5. Seluruh Staf Pengajar dan tenaga Administrasi di Jurusan Kimia FMIPA UNP.
6. Pranata Labor Pendidikan (PLP) Kimia FMIPA, yang telah memberikan bantuan dan dorongan selama penelitian.

7. Seluruh Staf Kopertis Wilayah X yang telah memberikan bantuan dalam penelitian.
8. Seluruh staff Laboratorium Penjaminan Mutu PT. Semen Padang.
9. Semua pihak lain dan teman-teman kimia tahun 2012 yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian.
10. Orang tua penulis yang telah memberikan semangat serta dorongan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

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. Penulis menyadari bahwa skripsi masih belum lengkap dan sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan masukan dan saran dari para pembaca semoga skripsi ini bermanfaat.

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	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Rumusan Masalah	5
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
1.6 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Selulosa Bakterial (SB).....	7
2.2 Bakteri <i>Acetobacter xylinum</i>	11
2.3 Aplikasi Selulosa Bakterial.....	13
2.4 Komposit.....	14
2.5 Daun Kaca Piring (<i>Gardenia augusta</i>).....	16
2.6 Karakterisasi Sifat Komposit Selulosa Bakterial-Ekstrak Daun Kaca Piring (KSB-EDKP)	18

2.6.1	Uji Kuat Tekan (<i>Compressive Strength</i>)	18
2.6.2	Uji Kuat Tarik (<i>Tensile Strength</i>).....	18
2.6.3	<i>Fourier Transform Infra-Red</i> (FTIR).....	18
2.6.4	<i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	19
2.7	Tulang Rawan (<i>Articular Cartilage</i>).....	21
BAB III METODE PENELITIAN.....		22
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	22
3.2	Objek Penelitian	22
3.3	Variabel Penelitian	22
3.4	Alat dan Bahan.....	22
3.4.1	Alat	22
3.4.2	Bahan	23
3.5	Prosedur Penelitian.....	23
3.5.1	Preparasi SB.....	24
3.5.2	Pencucian dan Pemurnian Selulosa Bakterial.....	24
3.5.3	Preparasi EDKP.....	24
3.5.4	Preparasi KSB-EDKP.....	25
3.5.5	Karakterisasi KSB-EDKP	25
3.5.5.1	Kandungan Air (<i>Water content</i>) KSB-EDKP	25
3.5.5.2	Karakterisasi Sifat Mekanik KSB-EDKP	27
3.5.5.3	Analisa Struktur KSB-EDKP.....	29
3.6	Desain Penelitian.....	32

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Preparasi SB.....	33
4.2 Pemurnian dan Pencucian SB	34
4.3 Preparasi EDKP.....	35
4.4 Preparasi KSB-EDKP	36
4.5 Kandungan Air KSB-EDKP (<i>Water Content</i>)	37
4.6 Karakterisasi Sifat Mekanik.....	39
4.6.1 Uji Kuat Tekan (<i>Compressive Strength</i>)	39
4.6.2 Uji Kuat Tarik (<i>Tensile Strength</i>).....	41
4.7 Analisa Struktur.....	44
4.7.2 Analisa gugus fungsi menggunakan FTIR	44
4.9 Analisa Derajat Kristalinitas KSB-EDKP menggunakan XRD	47
BAB V PENUTUP.....	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Struktur Kimia Selulosa.....	8
2.2 Mekanisme Pembentukan Selulosa	9
2.3 Model skema mikrofibril SB (kanan) ditarik dibandingkan dengan misel berumbai (kiri)	10
2.4 Bakteri <i>A. xylinum</i>	12
2.5 Daun Kaca Piring (<i>Gardenia augusta</i>)	17
3.1 Gambaran proses uji Kuat tekan (a) sebelum dilakukan uji kuat tekan (b) setelah diuji kuat tekan.....	27
3.2 Proses Uji Kuat tarik.....	29
4.2 (a) SB yang terbentuk dengan ketebalan ± 1 cm (b) SB yang terkontami- nasi dan permukaan SB tidak rata.....	34
4.3 Pengikisan Lapisan bawah SB (T_0 = tebal awal, T_1 = tebal akhir).....	35
4.4 (a) Proses pemblenderan daun kaca piring; (b) penyaringan EDKP dan (c) EDKP.....	36
4.5 (a) SB Murni, (b) KSB-EDKP-TUV dan (c) KSB-EDKP-UV.....	37
4.6 Pengaruh waktu perendaman terhadap kandungan air (<i>water content</i>) KSB-EDKP.....	38
4.7 Pengaruh waktu perendaman terhadap <i>Compressive Strength</i> KSB- EDKP.....	40
4.8 (a) SB, (b) KSB-EDKP-TUV dan (c) KSB-EDKP- UV sebelum di uji kuat tekan.....	41

4.9	Pengaruh waktu perendaman terhadap (a)kuat tari, (b) elongasi dan (c) elastisitas KSB-EDKP-TUV dan KSB-EDKP-UV.....	42
4.10	Hasil pengujian kuat tarik (a) SB, (b) KSB-EDKP -TUV, (c) KSB-EDKP-UV.....	44
4.11	(a) EDKP, (b) KSB-EDKP-UV, (c) KSB-EDKP-TUV dan (d) SB.....	45
4.12	Grafik perbandingan pola XRD dari (a) KSB-EDKP-UV, (b)KSB-EDKP-TUV dan (c) SB.....	48
4.13	Perbandingan pola XRD masing-masing tipe selulosa.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Standar Selulosa Bakterial	11
2.2. Standar Tulang rawan.....	21
4.1 Puncak bilangan gelombang pada masing-masing gugus fungsi.....	46
4.2 Persentase kristalinitas SB, KSB-EDKP tanpa menggunakan sinar UV dan KSB-EDKP menggunakan sinar UV.....	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Preparasi Selulosa Bakterial (SB).....	57
2. Pencucian Selulosa Bakterial.....	58
3. Pengambilan Ekstrak Daun Kaca Piring (<i>Gardenia augusta</i>).....	59
4. Pembuatan KSB-EDKP.....	60
5. Pemurnian KSB-EDKP	61
6. Uji Tekan (<i>Compressive Strength</i>).....	62
7. Penentuan Kandungan Air dalam KSB-EDKP	63
8. Karakterisasi Sifat Mekanik (<i>Mecanical Strength</i>).....	64
9. Analisa <i>Faurier Infra Red</i> (FTIR)	65
10. Analisa Difraksi Sinar X	66
11. Perhitungan Pembuatan Larutan.....	67
12. Data <i>Water Content</i> KSB-EDKP	68
13. Perhitungan <i>Water Content</i> KSB-EDKP.....	69
14. Data <i>Compressive Strength</i> KSB-EDKP.....	72
15. Perhitungan <i>Compressive Strength</i> KSB-EDKP	73
16. Data <i>Tensile Strength, Elongasi dan Elastisitas</i> KSB-EDKP	77
17. Perhitungan <i>Tensile Strength, Elongasi dan Elastisitas</i> KSB-EDKP.....	78
18. Spektra FTIR KSB-EDKP.....	82
19. Difraktogram XRD KSB-EDKP.....	86
20. Data dan Perhitungan Penentuan Persentase Derajat Kristalinitas KSB-EDKP.....	88

21. Pembuatan Selulosa Bakterial (SB).....	90
22. Pemotongan Lembaran SB.....	93
23. Perendaman SB dengan air mengalir.....	94
24. Perendaman SB dengan NaOH 2%.....	95
25. Pengambilan Ekstrak Daun Kaca Piring.....	96
26. Pembuatan Komposit Selulosa Bakterial-Ekstrak Daun Kaca Piring tanpa Sinar UV.....	98
27. Pembuatan Komposit Selulosa Bakterial-Ekstrak Daun Kaca Piring menggunakan sinar UV.....	99
28. Penghitungan <i>Water Content</i> sampel Kontrol.....	100
29. Penghitungan <i>Water Content</i> sampel menggunakan sinar UV.....	101
30. Penghitungan <i>Water Content</i> sampel tanpa sinar UV.....	102
31. Uji Kuat tekan (<i>Compressive Stength</i>).....	103
32. Uji Kuat tarik (<i>Tensile Strength</i>).....	104
33. Karakterisasi menggunakan FTIR.....	106
34. Karakterisasi menggunakan XRD.....	107

DAFTAR SINGKATAN

l_o	=	panjang awal
m_{amorf}	=	massa amorf (<i>gram</i>)
$m_{kristal}$	=	massa kristal (<i>gram</i>)
m_{total}	=	massa kristal + massa amorf (<i>gram</i>)
Δl	=	perpanjangan
A	=	luas penampang (m^2)
<i>A.xylinum</i>	=	<i>Acetobacter xylinum</i>
ATP	=	Adenin Tripospat
d	=	jarak antara dua bidang kisi
DTA	=	<i>Differential Thermal Analysis</i>
E	=	Elastisitas (Pa)
EDC	=	<i>N-(3-dimetilaminopropil)-N'-etilkarbomida</i> <i>dihidroklorit</i>
EDKP	=	Ekstrak Daun Kaca Piring
F	=	Gaya tekan (N)
FTIR	=	<i>Fourier Transform Infra Red</i>
KSB-EDKP	=	Komposit Bakterial Selulosa - Ekstrak Daun Kaca Piring
KSB-EDKP-TUV	=	Komposit Bakterial Selulosa - Ekstrak Daun Kaca Piring tanpa sinar UV

KSB-EDKP-UV	=	Komposit Bakterial Selulosa - Ekstrak Daun Kaca Piring menggunakan sinar UV
P	=	Kuat tekan (Pa)
SB	=	Selulosa Bakterial
SB-HA	=	Selulosa Bakterial-Hidroksiapatit
UDP	=	Urasil Dipospat
UTP	=	Urasil Tripospat
W_b	=	Berat basah
W_c	=	<i>Water content</i>
W_k	=	Berat kering
XRD	=	<i>X-Ray Diffraction</i>
λ	=	Panjang gelombang (cm^{-1})
θ	=	sudut antara sinar datang dengan bidang normal

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Selulosa merupakan polimer yang paling melimpah di alam sebagai komponen struktural dari dinding sel primer tanaman hijau. Selulosa dapat dihasilkan dari suatu bakteri. Bakteri yang dapat menghasilkan bakteri adalah *A.xylinum*. Selulosa yang dihasilkan dari bakteri dikenal dengan Selulosa Bakterial (SB). Menurut Fernando et al (2012) SB merupakan jenis selulosa yang disintesis oleh suatu bakteri. Selulosa bakterial memiliki serat panjang dan merupakan serat-serat tunggal selulosa yang saling melilit satu sama lain membentuk stuktur jaringan (Philips and Williams, 2000). Selulosa bakterial mempunyai struktur dasar yang sama dengan selulosa pada tumbuh-tumbuhan, akan tetapi memiliki beberapa keunggulan dibandingkan selulosa yang berasal dari tumbuh-tumbuhan.

Keunggulan SB ini adalah waktu yang dibutuhkan untuk fermentasi singkat, memiliki kemurnian yang tinggi, degradasi tinggi, dan kekuatan mekanik yang unik. SB memiliki kandungan air yang tinggi sebesar 98-99%, penyerap cairan yang baik, bersifat non-alergenik, dan dapat disterilisasi dengan aman tanpa menyebabkan perubahan karakteristiknya (Ciechanska, 2004). SB bebas dari lignin dan hemiselulosa. SB memiliki peranan penting dalam dunia medis diantaranya untuk mempercepat penyembuhan, mengurangi rasa sakit, dan mengurangi bekas luka.

Serat selulosa menjadi salah satu pusat perhatian dalam penelitian pada saat ini. Serat selulosa ini dapat memperkuat element dalam polimer material nanokomposit. Namun,SB memiliki kelemahan yaitu mudah menyerap cairan (*higroskopis*) sehingga mudah terkontaminasi oleh mikroba (Ciechanska, 2004). Selain itu SB memiliki kekuatan dan sifat bioaktif yang masih rendah , dan juga apabila air yang terdapat di dalam lembaran SB ini keluar, maka SB tidak dapat kembali lagi ke bentuk semula. Dengan kata lain SB ini tidak elastis.

Ketidakelastisan ini menjadi salah satu kelemahan SB dalam aplikasinya seperti di dunia medis. Untuk dapat diaplikasikan dalam dunia medis dilakukan modifikasi atau dicari alternatif lain pada selulosa bakterial. Untuk meningkatkan keelastisitasan SB banyak cara yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu seperti Nakayama et al., 2004. Untuk meningkatkan keelastisitasan SB dilakukan penggabungan SB dengan suatu bahan. Bahan yang digabungkan oleh adalah Gelatin DN. Dari penggabungan tersebut diperoleh SB yang lebih elastis. Penggabungan ini dikenal dengan Komposit.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Nakayama, dicari alternatif lain untuk menghasilkan SB yang elastis. SB berperan sebagai matriks dalam komposit dan ditambahkan suatu bahan alami yang memiliki sifat obat-obatan. Tanaman obat-obatan yang digunakan adalah tanaman yang ada di Indonesia khususnya daerah Sumatera Barat salah satunya adalah Daun Kaca Piring (*Gardenia augusta*). Penambahan ekstrak daun kaca piring (*Gardenia augusta*) yang berperan sebagai *filler* dalam komposit.

Daun Kaca Piring oleh masyarakat digunakan untuk menyembuhkan berbagai macam penyakit seperti penurun panas demam, sariawan, sembelit, dan gangguan buang air besar. Selain itu daun ini juga dipercaya mempunyai efek hipoglikemik yang dapat dimanfaatkan dalam pengobatan diabetes melitus khususnya diabetes melitus tipe-2 (Noffritasari, 2006). Kekurangan dari EDKP adalah ketika EDKP didiamkan akan membentuk gel. Ge yang dihasilkan apabila ditekan mudah pecah dan rusak sehingga tidak dapat diaplikasikan dalam dunia medis.

Kandungan kimia dari ekstrak daun kaca piring (*Gardenia augusta*) adalah flavonoida, saponin, dan iridoid glikosida. Flavonoida yang terkandung dalam daun kacapiring adalah flavon, flavonon, flavonol, dan isoflavon (Noffritasari, 2006). Kandungan lain dari daun kaca piring adalah penapisan fitokimia yang menunjukkan daun mengandung flavonoid, saponin, tanin, galat, dan steroid atau terpenoid (Fatmawati, 2003). Dari kandungan EDKP ini diharapkan EDKP dapat digunakan sebagai *Filler* dalam pembuatan Komposit.

Peneliti tertarik dalam penelitian ini dimana dilakukan perendaman dalam EDKP selama 1,2,3 dan 4 hari tanpa dan menggunakan sinar UV. Sehingga menghasilkan Komposit Selulosa Bakterial- Ekstrak Daun Kaca Piring (KSB-EDKP). Dalam Penelitian ini diharapkan KSB-EDKP yang dihasilkan bagus, lebih kuat dari asalnya dan elastisitas tinggi. Sehingga dapat diaplikasikan sebagai bahan dasar pembuatan pengganti tulang rawan (*Articular Cartilage*).

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. SB kurang elastis, karena apabila ditekan SB tidak dapat kembali ke bentuk semula.
2. Gel yang dihasilkan ekstrak daun kaca piring mudah pecah, sehingga sulit dijadikan bahan Biomedis.
3. Penggabungan SB dengan Ekstrak Daun Kaca piring ini diharapkan dapat menghasilkan suatu Komposit yang elastis.

1.3 Batasan Masalah

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

1. Media kultur yang digunakan dalam sintesis SB adalah air kelapa menggunakan bakteri *A. xylinum*.
2. Bahan alam yang akan digabungkan dengan SB adalah ekstrak daun kaca piring (*Gardenia augusta*).
3. Variabel yang akan diteliti adalah pengaruh waktu perendaman SB dalam EDKP selama 1,2,3 dan 4 hari tanpa dan dengan menggunakan sinar UV.
4. Karakterisasi KSB-EDKP dilakukan dengan pengujian sifat fisika (kandungan air), sifat mekanik (uji kuat tekan dan uji kuat tarik) dan struktur (analisa gugus fungsi dan derajat kristalinitas).

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari uraian diatas, maka penulis merumuskan suatu masalah yaitu:

1. Bagaimana pengaruh waktu perendaman SB dalam EDKP 1,2,3 dan 4 hari terhadap sifat fisika (kandungan air), sifat mekanik (uji kuat tekan dan uji kuat tarik) dan struktur (analisa gugus fungsi dan derajat kristalinitas) KSB-EDKP yang dihasilkan.
2. Bagaimana pengaruh waktu perendaman SB dalam EDKP 1,2,3 dan 4 hari dengan menggunakan sinar UV terhadap sifat fisika (kandungan air), sifat mekanik (uji kuat tekan dan uji kuat tarik) dan struktur (analisa gugus fungsi dan derajat kristalinitas) KSB-EDKP yang dihasilkan.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan diadakan penelitian ini adalah:

1. Menentukan pengaruh waktu perendaman SB dalam EDKP 1,2,3 dan 4 hari terhadap sifat fisika (kandungan air), sifat mekanik (uji kuat tekan dan uji kuat tarik) dan struktur (analisa gugus fungsi dan derajat kristalinitas) KSB-EDKP yang dihasilkan.
2. Menentukan pengaruh waktu perendaman SB dalam EDKP 1,2,3 dan 4 hari dengan menggunakan sinar UV terhadap sifat fisika (kandungan air), sifat mekanik (uji kuat tekan dan uji kuat tarik) dan struktur (analisa gugus fungsi dan derajat kristalinitas) KSB-EDKP yang dihasilkan.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

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

BAB II

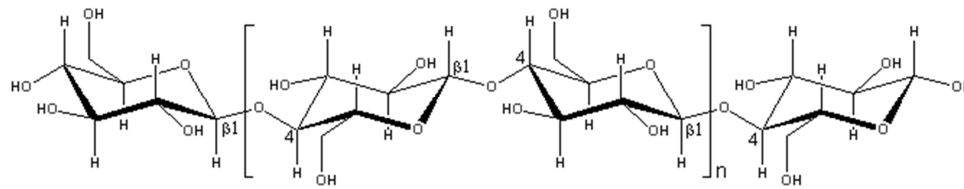
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Selulosa Bakterial (SB)

Selulosa merupakan bahan biomassa yang paling berlimpah di bumi, dan membentuk matriks struktur dasar untuk dinding sel tanaman. Selulosa adalah polimer yang paling melimpah yang digunakan sebagai komponen struktural dari dinding sel primer tanaman hijau (Fernando et al, 2012).

Selulosa merupakan salah satu komponen yang terdapat dalam zat makanan yang paling melimpah polisakarida yang ditemukan di alam. Selulosa berasal dari tanaman merupakan selulosa tidak murni terkait dengan jenis lain dari serat alami seperti lignin dan hemiselulosa sementara SB merupakan selulosa murni. SB dapat disintesis menjadi nano-fibril oleh bakteri *A. xylinum* yang menggunakan glukosa sebagai substrat yang umum. SB memiliki struktur kimia yang sama. Namun, dengan jaringan halus, SB lebih unggul dari tanaman lain karena sifat fisik dan sifat kimia seperti kekuatan mekanik, kristalinitas dan hidrofilisitas.

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, 1997). Struktur Kimia dari selulosa dapat dilihat pada Gambar 2.1



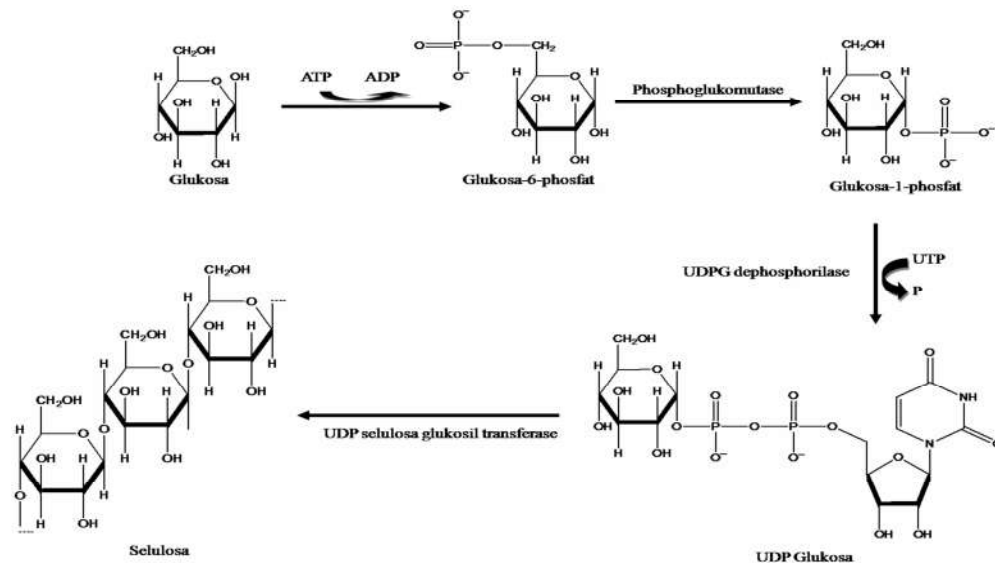
Gambar 2.1 Struktur Kimia Selulosa (Silitonga, 2011)

Rantai selulosa terdiri dari satuan glukosa anhidrida yang saling berikatan melalui atom karbon pertama dan keempat. Ikatan yang terjadi adalah ikatan β -1,4-glikosidik. Secara alamiah molekul-molekul selulosa tersusun dalam bentuk benang-benang fibril yang terdiri dari beberapa molekul selulosa yang dihubungkan dengan ikatan glikosidik. Benang-benang fibril ini membentuk struktur kristal yang dibungkus oleh lignin. Komposisi kimia dan struktur ini membuat kebanyakan bahan yang mengandung selulosa bersifat kuat dan keras. Sifat kuat dan keras yang dimiliki oleh sebagian besar bahan berselulosa ini membuat bahan tersebut tahan terhadap penguraian secara enzimatik. Secara alamiah penguraian selulosa berlangsung sangat lambat.

Selain dihasilkan oleh tumbuhan, selulosa juga dihasilkan oleh mikroba, yaitu bakteri. Selulosa yang diproduksi oleh bakteri mempunyai kelebihan dari kemurnian struktur kimianya, berbeda dengan selulosa tumbuhan yang biasanya berasosiasi dengan lignin dan hemiselulosa.

SB merupakan selulosa yang dihasilkan oleh bakteri seperti *A. xylinum* (Putra *et al.*, 2008). Selulosa bakterial yang dihasilkan ini mempunyai sifat yang unik dibandingkan selulosa alami dari tumbuhan yakni memiliki sifat fisika dan mekanik yang bagus seperti porositas tinggi, modulus elastis tinggi, kristalinitas tinggi 84-89%, polimer *biodegradable*, dan tidak beracun (Lavoine *et al.*, 2012;

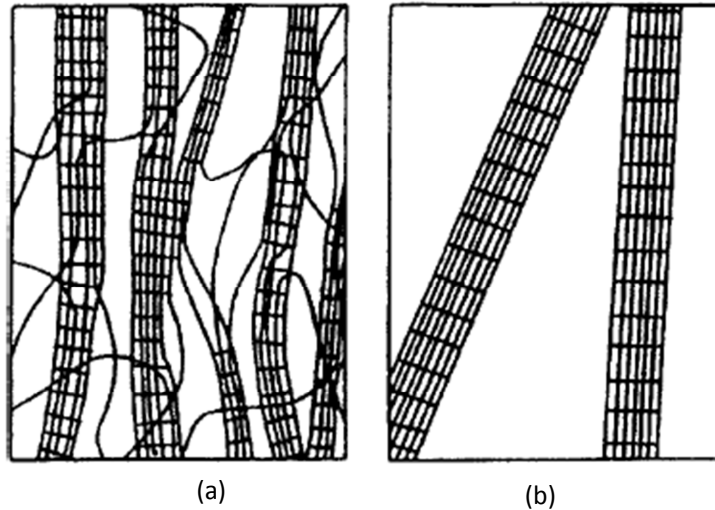
Petrauskaite *et al.*, 2013). Mekanisme pembentukan Selulosa dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Mekanisme Pembentukan Selulosa (Pardosi, 2008)

Mekanisme pembentukan selulosa, berawal dari glukosa sebagai sumber makanan oleh bakteri *Acetobacter xylinum* diubah menjadi glukosa-6-posfat. Perubahan ini terjadi karena glukosa tidak aktif sehingga diaktifkan oleh ATP menjadi glukosa-6-posfat. Kemudian glukosa-6-posfat diubah menjadi bentuk yang lebih stabil yaitu glukosa-1-posfat. Untuk membentuk polisakarida dibutuhkan energi yang lebih tinggi, oleh karena itu, glukosa-1-posfat diubah menjadi UDP-Glukosa dengan bantuan UTP. Dengan adanya enzim yang dapat mempolimerisasikan glukosa menjadi selulosa yang diproduksi oleh bakteri *Acetobacter xylinum* yaitu sintetase selulosa, maka UDP-Glukosa tersebut dapat dipolimerisasi menjadi selulosa (Pardosi, 2008).

Perbedaan struktur selulosa tanaman dan selulosa yang dihasilkan dengan bantuan bakteri *A. xylinum* dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Model skema mikrofibril SB (kanan) ditarik dibandingkan dengan misel berumbai (kiri) (Iguchi, *et al.*, 2000)

Sesuai dengan sifat dan strukturnya yang mirip dengan struktur matriks ekstraseluler manusia, maka SB banyak dimanfaatkan dibidang medis seperti pengganti kulit pada luka bakar, pembuluh darah buatan, perancah teknik jaringan tulang rawan dan membran khusus. Disamping itu, selulosa bakterial juga dimanfaatkan sebagai makanan, pembuatan kertas, elektronik dan akustik (Putra *et al.*, 2008; Yadav *et al.*, 2010; Rani & Appaiah., 2013). Standar Selulosa bakterial dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1. Standar Selulosa Bakterial

Standar	MPa
<i>Tensile Strength</i>	2,9
<i>Water Content</i>	90 %
Elastisitas (<i>Modulus Young</i>)	0,4-0,9

(Nakayama et al, 2004)

2.2 Bakteri *Acetobacter xylinum*

A. xylinum atau *Gluconacetobacter xylinus* merupakan bakteri aerobik berbentuk basilus berupa batang pendek yang membentuk streptobasilus dengan satuan 6-8 sel rantai pendek. Berdasarkan klasifikasi bakteri, *A. xylinum* termasuk dalam bakteri Gram negatif, bakteri berwarna transparan memiliki panjang 2-10 μm , dengan permukaan dinding yang berlendir serta bersifat nonmotil. Bakteri *A. xylinum* dapat tumbuh optimal pada pH 4,3.

Pada kultur sel yang masih muda, Bakteri *A. xylinum* berbentuk sel tunggal dan transparan melalui proses inkubasi *A. xylinum* akan membentuk koloni yang menyerupai gelatin dan bersifat kokoh. Pertumbuhan koloni pada medium cair setelah 48 jam inkulasi akan membentuk lapisan pelikel dan dapat dengan mudah diambil dengan jarum ose (Saxena et al. 1995).

Bakteri *A. xylinum* mampu mengoksidasi glukosa menjadi asam glukonat dan asam organik lainnya 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. Struktur bakteri *A. xylinum* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Bakteri *A. xylinum* (Nainggolan, 2009)

Klasifikasi ilmiah bakteri selulosa atau *A. xylinum* (Nainggolan, 2009)

adalah :

Kerajaan : *Bacteria*
 Filum : *Proteobacteria*
 Kelas : *Alpha Proteobacteria*
 Ordo : *Rhodiospirillales*
 Familia : *Pseudomonadaceae*
 Genus : *Acetobacter*
 Spesies : *A. xylinum*

Bakteri pembentuk SB bila ditumbuhkan dalam medium yang mengandung gula, dapat mengubah gula menjadi sukrosa. Selulosa yang terbentuk di dalam medium tersebut berupa benang-benang dengan polisakarida yang berlendir membentuk suatu jalinan seperti tekstil. Pada medium cair, bakteri ini membentuk suatu massa yang kokoh dan dapat mencapai ketebalan beberapa sentimeter. Bakteri itu sendiri terperangkap dalam massa fibriler yang terbentuk.

Sintesis polisakarida oleh bakteri ini sangat dipengaruhi oleh tersedianya nutrisi dan ion-ion logam tertentu yang dapat mengkatalisasi atau menstimulasi aktivitas bakteri tersebut. Peningkatan konsentrasi nitrogen dalam substrat dapat meningkatkan jumlah polisakarida yang terbentuk, sedangkan ion-ion bivalen seperti Mg^{2+} , Ca^{2+} dan lainnya sangat diperlukan untuk mengontrol kerja enzim ekstraseluler dan membentuk ikatan dengan polisakarida tersebut (Alba, 1973).

Metabolisme *A. xylinum* terdiri atas glukosa dan fruktosa. Fruktosa terdiri dari selulosa dan CO_2 yang dibentuk oleh sel-sel, sedangkan glukosa terbentuk dari glukonat. Glukosa, fruktosa atau glukonat berhubungan dengan siklus pentosa. Penggabungan ke dalam selulosa C-1 dari fruktosa sangat meningkat dengan adanya ini substrat non-gula, meskipun oksidasi terhadap CO_2 sangat berkurang (Alba, 1973).

2.3 Aplikasi Selulosa Bakterial

Sifat unik dari Selulosa bakterial ini, membuat SB dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti industri kertas merupakan industri yang memanfaatkan SB untuk meningkatkan kekuatan kertas. SB digunakan sebagai bahan pendukung yang memiliki kandungan Selulosa maupun serat yang dapat menggantikan kualitas serat dari kertas bekas (Suprpto *et al.*, 2013).

Selulosa Bakterial dapat digunakan dalam olahan makanan. SB diaplikasikan dalam industri makanan seperti makanan penutup rendah kalori, salad dan *nata de coco* di Filipina. Produk selulosa bakteri yang dibuat dari *A. xylinum* merupakan makanan ringan yang populer di Filipina dan negara-negara lain. Teksturnya yang lembut dan kandungan serat yang tinggi, maka SB banyak

digunakan dalam olahan makanan bahkan di Jepang SB telah diperkenalkan dalam daftar minuman diet. *A. xylinum* jika ditambahkan ragi pada ekstrak teh dan gula, maka dapat memenuhi kebutuhan kesehatan yang baik di negara Jepang.

2.4 Komposit

Komposit berasal dari kata “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabungkan. Secara sederhana bahan komposit berarti bahan gabungan atau campuran dari dua material atau lebih pada skala makroskopis untuk membentuk material ketiga yang lebih bermanfaat. Hal ini berbeda dengan perpaduan *alloy* (paduan yang digabungkan secara mikroskopis). Komposit dan *alloy* memiliki perbedaan pada cara penggabungan, yaitu apabila komposit 6 digabungkan secara mikroskopis maka penyusunan tidak kelihatan lagi.

Komposit adalah bahan struktural yang terdiri dari dua atau lebih konstituen gabungan yang dikombinasikan pada tingkat makroskopik dan tidak larut satu sama lain. Salah satu konstituen itu bersifat memperkuat fase dan dimana ia tertanam yang disebut matriks. Peranan matriks dalam komposit yang memberikan bentuk ke bagian komposit, melindungi, mentransfer beban dan memberikan ketangguhan/kekuatan pada material. Sebagai perbandingan antara komposit dan logam, bahan komposit memiliki beberapa keuntungan yaitu ringan, tinggi kekakuan dan kekuatan tertentu.

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

- Komposit Matrik Polimer (*Polymer Matrix Composites*)

Komposit Matrik Polimer (*Polymer Matrix Composites*) ini merupakan komposit yang sering digunakan sebagai 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)

Menurut Saska, S *et al*, 2011 dalam jurnal yang berjudul *Nanocomposites Selulosa Bakteria-Hidroksiapatite* untuk Regenerasi Tulang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan mengevaluasi sifat biologis Selulosa Bakterial-hidroksiapatit (SB-HA) membran nanokomposit untuk

regenerasi tulang. Karakterisasian dari SB-HA komposit menggunakan *Thermogravimetric* (TG) dan difraksi sinar -X. Hasil dari penelitian ini adalah SB-HA komposit disajikan residu sekitar 60%, membenarkan deposisi HA pada membran SB, yang berarti bahwa konten HA adalah sekitar 50 %.

2.5 Daun Kaca Piring (*Gardenia augusta*)

Kacaping atau Kaca Piring (*Gardenia augusta*) adalah perdu tahunan dari suku kopi-kopian atau *Rubiaceae*. Bunganya berwarna putih dan sangat harum. Tanaman juga dikenal dengan nama binomial *Gardenia jasminoides* yang berarti "seperti melati," walaupun tidak ada hubungannya dengan marga *Jasminum* (Melati).

Bunga ini merupakan komoditas bunga potong, digunakan dalam karangan bunga. Daun bisa digunakan sebagai obat sariawan dan akarnya sebagai obat sakit gigi. Buah mengandung *crocin* (salah satu jenis karotenoida), yang berwarna kuning cerah. Buah yang kering merupakan bahan pewarna. Di Jepang, bahan pewarna dari Kaca piring digunakan untuk pencelupan tekstil dan pewarna kue tradisional (*wagashi*) dan asinan lobak (*takuan*).

Taksonomi dari tanaman kaca piring (*Gardenia augusta*) yaitu (Usman et al,2012)

Kingdom	: <i>Plantae</i> (Tumbuhan)
Subkingdom	: <i>Tracheobionta</i> (Tumbuhan berpembuluh)
Super Divisi	: <i>Spermatophyta</i> (Menghasilkan biji)
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i> (Tumbuhan berbunga)
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i> (berkeping dua / dikotil)

Sub Kelas	: <i>Asteridae</i>
Ordo	: <i>Rubiales</i>
Famili	: <i>Rubiaceae</i> (suku kopi-kopian)
Genus	: <i>Gardenia</i>
Spesies	: <i>Gardenia augusta</i> Merr



Gambar 2.5 Daun Kaca Piring (*Gardenia augusta*)
([floridata.com/Plants/Rubiaceae/Gardenia augusta/171](http://floridata.com/Plants/Rubiaceae/Gardenia%20augusta/171))

Ekstrak Daun Kaca Piring (*Gardenia augusta*) digunakan sebagai bahan makanan sejenis gel. Komponen pembentuk gel daun kaca piring (*Gardenia augusta*) merupakan metoksil pektin rendah hidrokoloid. Sifat pembentukan gel bervariasi dari satu jenis hidrokoloid ke hidrokoloid yang lainnya tergantung pada jenisnya. Gel mengandung 99,9 % air tetapi mempunyai sifat lebih khas seperti padatan, khususnya sifat elastisitas besar dan kekuatan SB tinggi.

2.6 Karakterisasi Sifat Komposit Selulosa Bakterial-Ekstrak Daun Kaca Piring (KSB-EDKP)

2.6.1 Uji Kuat Tekan (*Compressive Strength*)

Compressive Strength (kekuatan tekan) adalah kemampuan suatu objek SB untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan suatu objek SB mengidentifikasikan mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu SB yang dihasilkan (Anonim,2003)

2.6.2 Uji Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Tensile strength ialah kemampuan sejauh mana KSB-EDKP yang dihasilkan untuk dapat ditarik. Semakin panjang atau tinggi kekuatan tarik maka akan semakin bagus kualitas komposit selulosa bakterial–ekstrak daun kaca piring (KSB-EDKP) yang dihasilkan.

2.6.3 *Fourier Transform Infra-Red (FTIR)*

FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*) berfungsi dalam penentuan gugus fungsi yang terdapat dalam komposit selulosa bakterial–ekstrak daun kaca piring (*Gardenia augusta*) yang dihasilkan. 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).

2.6.4 X-Ray Diffraction (XRD)

XRD (*X-Ray Diffraction*) merupakan sebuah alat yang dapat memberikan informasi tentang struktur termasuk keadaan amorf dan kristalin suatu polimer. Prinsip dari 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.

Difraksi sinar-X terjadi pada hamburan elastis foton-foton sinar-X oleh atom dalam sebuah kisi periodik. Hamburan monokromatis sinar-X dalam fasa tersebut memberikan interferensi yang konstruktif. Dasar dari penggunaan difraksi sinar-X untuk mempelajari kisi kristal adalah berdasarkan persamaan Bragg :

$$n.\lambda = 2.d.\sin \theta ; n = 1,2,...$$

dengan λ adalah panjang gelombang sinar-X yang digunakan, d adalah jarak antara dua bidang kisi, θ adalah sudut antara sinar datang dengan bidang normal, dan n adalah bilangan bulat yang disebut sebagai orde pembiasan.

Berdasarkan persamaan Bragg, jika seberkas sinar-X di jatuhkan pada sampel kristal, maka bidang kristal itu akan membiaskan sinar-X yang memiliki panjang gelombang sama dengan jarak antar kisi dalam kristal tersebut. Sinar yang dibiaskan akan ditangkap oleh detektor kemudian diterjemahkan sebagai

sebuah puncak difraksi. Makin banyak bidang kristal yang terdapat dalam sampel, makin kuat intensitas pembiasan yang dihasilkannya. Tiap puncak yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu dalam sumbu tiga dimensi. Puncak-puncak yang didapatkan dari data pengukuran ini kemudian dicocokkan dengan standar difraksi sinar-X untuk hampir semua jenis material.

Pada umumnya, sinar diciptakan dengan percepatan arus listrik, atau setara dengan transisi kuantum partikel dari satu energi state ke lainnya. Contoh : radio (elektron berosilasi di antenna), lampu merkuri (transisi antara atom). Ketika sebuah elektron menabrak anoda :

- a. Menabrak atom dengan kecepatan perlahan, dan menciptakan radiasi bremsstrahlung atau panjang gelombang kontiniu
- b. Secara langsung menabrak atom dan menyebabkan terjadinya transisi menghasilkan panjang gelombang garis

Sinar X merupakan radiasi elektromagnetik yang memiliki energi tinggi sekitar 200 eV sampai 1 MeV. Sinar X dihasilkan oleh interaksi antara berkas elektron eksternal dengan elektron pada kulit atom. Spektrum Sinar X memiliki panjang gelombang $10^{-5} - 10$ nm, berfrekuensi 10¹⁷-10²⁰ Hz dan memiliki energi 10³ -10⁶ eV. Panjang gelombang sinar X memiliki orde yang sama dengan jarak antar atom sehingga dapat digunakan sebagai sumber difraksi kristal.

2.7 Tulang Rawan (*Articular Cartilage*)

Articular Cartilage sering dikenal sebagai tulang rawan, tulang rawan meliputi kolagen. Studi mikroskop elektron menunjukkan bahwa serat kolagen dekat permukaan tulang didominasi sejajar dengan permukaan; melihat tegak lurus ke permukaan, mereka juga menunjukkan orientasi dominan yang bervariasi secara sistematis atas permukaan sendi seluruh. Sebaliknya, serat dalam zona yang lebih dalam memiliki distribusi yang lebih acak dengan kecenderungan untuk menjadi tegak lurus ke permukaan. Diameter serat dan jarak antara serat yang berdekatan tampak meningkat dengan kedalaman dari permukaan articular studi kimia dan fisikokimia mengkonfirmasi bahwa kepadatan kolagen menurun dengan kedalaman dari permukaan artikular. Menurut Hashemi et al,2014 Standar Tulang rawan dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2. Standar Tulang rawan

Sifat Mekanik	Tulang Rawan (<i>Articular Cartilage</i>)
Tensile Modulus (at 10% ϵ)	5–25 MPa
Equilibrium Relaxation Modulus	6.5–45 MPa
Elongation to Break	80%
Ultimate Tensile Stress	15–35 MPa
Equilibrium Compressive Aggregate Modulusa	0.1–2.0 MPa
Hydraulic Permeability	$0.5\text{--}5.0 \times 10^{-15} \text{ m}^4 \text{ N}^{-1} \text{ s}^{-1}$
Intrinsic, Equilibrium Young's Modulus in Compression	0.4–0.8 MPa
Compressive Strength	14–59 MPa
Equilibrium Shear Modulus	0.05–0.25 MPa

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka didapat kesimpulan bahwa :

1. Pengaruh waktu perendaman tanpa menggunakan sinar UV
 - a. Pengaruh waktu perendaman dapat menurunkan kandungan air
 - b. Pengaruh waktu perendaman terhadap kuat tekan. Kandungan EDKP dapat meningkatkan kuat tekan dari KSB-EDKP. Kekuatan tekan KSB-EDKP yaitu 2,900 MPa masuk kedalam rentangan hasil yang diperoleh oleh peneliti sebelumnya yaitu 2,1-5,3 MPa.
 - c. Spektra FTIR menunjukan adanya gugus fungsi selulosa, namun tidak menunjukkan adanya gugus fungsi baru pada KSB-EDKP-TUV
 - d. Penambahan EDKP dapat menaikkan derajat kristalinitas tanpa menggunakan sinar UV.
2. Pengaruh waktu perendaman menggunakan sinar UV
 - a. Kandungan air dari KSB-EDKP-UV menurun ketika diberi sinar UV.
 - b. Kekuatan tekan yang diperoleh saat menggunakan sinar UV tidak terlalu berbeda dengan yang menggunakan sinar UV
 - c. Spektra FTIR menunjukan adanya gugus fungsi selulosa, namun tidak menunjukkan adanya gugus fungsi baru pada dan KSB-EDKP-UV
 - d. Penambahan EDKP dapat menurunkan derajat kristalinitas saat menggunakan sinar UV

5.2 Saran

Penelitian ini diperlukan kajian lebih lanjut mengenai :

1. Karakterisasi morfologi menggunakan SEM untuk menentukan bentuk permukaan dari KSB-EDKP tanpa menggunakan sinar UV dan KSB-EDKP menggunakan sinar UV dan untuk mengetahui dimana terdapatnya EDKP tersebut dalam selulosa bakterial.
2. Karakterisasi menggunakan DTA untuk menganalisis perbedaan temperatur (ΔT) antara sampel dan kontrol.
3. Waktu perendaman SB dalam EDKP yang telah dilakukan yaitu sampai hari ke-4 untuk mendapatkan hasil yang lebih baik lagi sehingga dapat diaplikasikan sesuai dengan yang diharapkan maka perlu ditambah kembali waktu waktu perendamannya.
4. Untuk membentuk KSB-EDKP yang memiliki kekuatan tekan, kekuatan tarik dan *water content* sesuai dengan standar tulang rawan (*Articular Cartilage*) maka dapat dilakukan penambahan suatu *crosslinker* yaitu *N*-(3-dimetilaminopropil)-*N'*-etilkarbodiimida hidroklorit (EDC).

DAFTAR PUSTAKA

- Alba, S. Humpey NE and Miks.1973. *Biochemical Engineering 2nd*. Accademy Press : New York.
- Amelia Ifadah, Raida, dkk.2016. *Strain Improvement A. xylinum by Ethyl Methane Sulfonate (EMS) to Enhance Bacterial Cellulose Production*: Malang, Jurnal Pangan dan Agroindustri Vol. 4 No 1 p.273-282, Januari 2016
- Anonim.2003.*Testing Compressive Strength of Concrete*. National Ready Concrete Association
- Ciechanska, Danuta. 2004. *Multifunctional Bacterial Cellulose/Chitosan Composite Material for Medical Applications*. Journal ofFibres & Textiles in Eastern Europe ,Vol. 12,No. 4,48.
- Currel. 1997. *Analytical Instrumentation: Performance Characteristics and Quality*. England: John Willey and Sons.
- Febrianta, Diki. 2015, Pengaruh Media Perendaman terhadap Struktur dan Sifat Fisik Selulosa Bakterial dari Limbah Air Kelapa (*Cocos nucifera*). Padang : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
- Fatmawati. 2003. Telaah Kandungan Kimia Daun Kacapiring, Malang (<http://fa.lib.itb.ac.id/go.phd?id>, diakses 25 Mai 2015)
- Fernando G. Torres ,Solene Commeaux ,Omar P. Troncoso.2012. *Biocompatibility of Bacterial Cellulose Based Biomaterials*. Journal of Functional Biomaterials , Vol. 3, 864-878
- Gayathry and Gopalaswamy.2014. Production and characterisation of Microbial cellolosic fibre from *A. xylinum*. Indian journal of fibre & Textile reserch Vol 39, March 2014 pp 93-96.
- Hashemi Doulabi, Azadehsadat, Kibret Mequanint and Hadi Mohammadi.2014. Blends and Nanocomposite Biomaterials for Articular Cartilage Tissue Engineering.material. 7, 5327-5355; doi:10.3390/ma7075327
- Iguchi, M., Yamanaka, S., & Budhiono, A. 2000. *Bacterial Cellulose-a Masterpiece of Nature,s Arts*. Journal of Material Science, Vol. 35, 261-270.
- Islami, Fadillah. 2015. Pembuatan Dan Karakterisasi Selulosa Bakterial Dari Ekstrak Umbi Bengkuang (*Pachyrrhizus erosus urban*). Padang : Fakultas