

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT
SELULOSA BAKTERIAL-EKSTRAK LIDAH BUAYA
(*Aloe vera* Linn) UNTUK APLIKASI BIOMEDIS**

SKRIPSI

*Diajukan kepada Tim Penguji Skripsi Jurusan Kimia
sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains*



**FANNY ZAHRATUL HAYATI
1201543/2012**

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

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

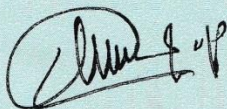
**PREPARASI DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT SELULOSA
BAKTERRIAL-EKSTRAK LIDAH BUAYA (*Aloe vera* Linn) UNTUK
APLIKASI BIOMEDIS**

Nama : FANNY ZAH RATUL HAYATI
NIM : 1201543
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2016

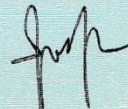
Disetujui oleh

Pembimbing I



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

Pembimbing II



Sherly Kasuma Warda Ningsih, S.Si, M,Si
NIP. 19840914 200812 2 004

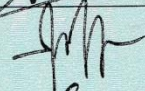
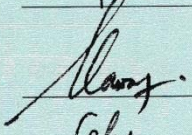
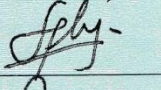
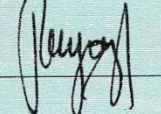
HALAMAN PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

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-
Ekstrak Lidah Buaya (*Aloe vera* Linn) untuk Aplikasi
Biomedis
Nama : FANNY ZAH RATUL HAYATI
NIM : 1201543
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	: Sherly Kasuma Warda Ningsih, S.Si, M.Si	
3. Anggota	: Dr. Mawardi, M.Si	
4. Anggota	: Dra. Sri Benti Etika, M.Si	
5. Anggota	: Dr. Rahadian. Z, S.Pd, M.Si	

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fanny Zahratul Hayati
TM/NIM : 2012/1201543
Tempat/Tgl Lahir : Bukittinggi/23 Agustus 1994
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Alamat : Kayurantingan Jorong Batabuah Koto Baru, Nagari
Bukik Batabuah, Kecamatan Candung, Kabupaten
Agam
No. HP/Telp : 0852-6310-2724
Judul Skripsi : Preparasi dan Karakterisasi Komposit Ekstrak Lidah
Buaya (*Aloe vera* Linn) 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, 11 Agustus 2016



Fanny Zahratul Hayati
NIM/TM. 1201543/2012

ABSTRAK

**Fanny Zahratul Hayati (1201543) : Preparasi dan Karakterisasi Komposit
Selulosa Bakterial-Ekstrak Lidah Buaya
(*Aloe vera* Linn) untuk Aplikasi Biomedis**

Selulosa Bakterial (SB) direndam dengan Ekstrak Lidah Buaya (ELB) menghasilkan sebuah Komposit Selulosa Bakterial-Ekstrak Lidah Buaya (KSB-ELB). SB dihasilkan dari proses fermentasi oleh bakteri *Acetobacter xylinum* selama ± 7 hari. Lidah Buaya (LB) merupakan salah satu tanaman obat-obatan yang terdapat di Indonesia. Ekstrak Lidah Buaya (ELB) mengandung senyawa aktif seperti fenol, tanin, dan saponin. Waktu Perendam KSB-ELB dilakukan selama 1,2,3, dan 4 hari dengan tanpa menggunakan sinar UV. Hasil dari perendaman dikarakterisasi sifat fisik (*water content*), sifat mekanik (*Compressive Strenght* dan *Tensile Strenght*) dan analisis struktur (analisis gugus fungsi menggunakan FTIR dan uji derajat kristalinitas menggunakan XRD). Lama waktu perendaman ELB dalam SB dan penggunaan sinar UV mempengaruhi nilai kandungan air pada SB. Semakin banyak ELB yang masuk pada SB, maka nilai kandungan air pada KSB-ELB akan berkurang. Adanya ELB dalam SB, juga mempengaruhi nilai kuat tekan dan kuat tarik pada SB. Semakin banyak *filler* maka kuat tekan KSB-ELB semakin kuat begitupun dengan nilai kuat tarik KSB-ELB. Semakin banyak *filler* yang masuk maka nilai elastisitas dari KSB-ELB semakin tinggi, dimana nilai elastisitas akan berbanding lurus dengan nilai kuat tarik dan berbanding terbalik dengan nilai regangan. Pada analisis gugus fungsi KSB-ELB, hanya terjadi pergeseran gelombang dan tidak terbentuknya gugus fungsi yang baru karena hanya terjadi proses adsorpsi secara fisika pada KSB-ELB.. Pada uji derajat kristalinitas menunjukkan bahwa ELB dapat menurunkan derajat kristalinitas dari SB. Penambahan ELB dapat menjadi salah satu bahan dasar yang dapat digunakan dalam dunia medis, misalnya untuk pengganti tulang rawan (*Articular Cartilage*).

Kata Kunci : *Selulosa Bakterial, Komposit Selulosa Bakterial, Lidah Buaya Ekstrak Lidah Buaya, Sinar UV, Elastisitas*

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, Rabb semesta alam yang senantiasa memberi kekuatan dan kesabaran kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Preparasi dan Karakterisasi Komposit Selulosa Bakterial-Ekstrak Lidah Buaya (*Aloe vera* Linn) untuk Aplikasi Biomedis”**. Shalawat dan salam untuk nabi akhir zaman, nabi Muhammad SAW. sosok yang mulia dan suri teladan dalam segala sisi kehidupan.

Skripsi ini diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar sarjana sains di Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, petunjuk, arahan, dan masukan yang berharga dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Ananda Putra, S.Si., M.Si., Ph.D selaku pembimbing I.
2. Ibu Sherly Kasuma Warda Ningsih., S.Si., M.Si selaku pembimbing II dan Pembimbing Akademik.
3. Ibu Sri Benti Etika, M.Si., Bapak Dr. Mawardi, M.Si., dan Bapak Dr. Rahardian Z, M. Si, selaku dosen penguji.
4. Bapak Dr. Mawardi, M.Si sebagai Ketua Jurusan Kimia, Universitas Negeri Padang.
5. Bapak Edi Nasra, S.Si., M.Si sebagai Sekretaris Jurusan Kimia, Universitas Negeri Padang.
6. Bapak Hary Sanjaya, S.Si., M.Si. sebagai Ketua Program Studi Kimia Jurusan Kimia, Universitas Negeri Padang.

7. Seluruh Staf Pengajar, laboran dan teknisi di Jurusan Kimia dan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
8. Seluruh Staf Laboratorium Terpadu Kopertis Wilayah X.
9. Seluruh Staf Laboratorium Penjaminan Mutu PT. Semen Padang.
10. Semua pihak dan teman-teman kimia angkatan 2012.
11. Abang-abang, kakak-kakak, teman-teman, dan adek-adek Kabinet Bakti BEM FMIPA UNP 45 dan Kabinet Kibar BEM FMIPA UNP 56 yang tidak bisa disebutkan satu persatu
12. Kedua Orang Tua penulis yang selalu memberikan cinta, kasih sayang, do'a, kekuatan, dan semangat, serta abang adek tercinta.

Untuk kesempurnaan penyusunan 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, Juli 2016

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR SINGKATAN	xiii
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	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Selulosa Bakterial (SB).....	6

2.2 Bakteri <i>A. xylinum</i>	10
2.3 Aplikasi SB	12
2.4 Komposit	13
2.5 Lidah Buaya (<i>Aloe vera</i> Linn).....	15
2.6 Karakteristik Sifat KSB-ELB.....	18
2.6.1 <i>Water Content</i> (Kandungan Air).....	18
2.6.2 <i>Compressive Strenght</i> (Kuat Tekan).....	19
2.6.3 <i>Tensile Strenght</i> (Kuat Tarik).....	19
2.6.4 <i>Fourier Transform Infra-Red</i> (FTIR).....	19
2.6.5 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	20
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 SB	24
3.5.3 Pembuatan Ekstrak LB.....	25
3.5.4 Preparasi KSB-ELB	25
3.5.6 Karakteristik KSB-ELB	26
3.5.6.1 Karakterisasi Sifat Fisik (Kandungan Air) KSB-ELB	26
3.5.6.2 Karakterisasi Sifat Mekanik KSB-ELB	26
3.5.6.3 Analisis Struktur KSB-ELB	29
3.6 Desain Penelitian.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1 Preparasi SB.....	32
4.2 Pencucian dan Pemurnian SB	34
4.3 Pembuatan ELB	35
4.4 Preparasi Komposit SB-ELB	36
4.5 <i>Water Content</i> KSB-ELB (Kandungan Air)	37
4.6 <i>Compressive Strenght</i> (Uji Kuat Tekan) KSB-ELB	39

4.7 <i>Tensile Strenght</i> (Uji Kuat Tarik) KSB ELB	41
4.8 Analisis Gugus Fungsi KSB-ELB menggunakan FTIR.....	44
4.9 Analisis Derajat Kristalinitas KSB-ELB menggunakan XRD.....	45
BAB V PENUTUP	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA.....	54
LAMPIRAN.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Standar SB.....	10
2.2 Standar Tulang rawan	12
4.1 Puncak Bilangan Gelombang pada masing-masing gugus fungsi	46
4.2 Presentase kristalin SB, KSB-ELB-TUV, dan KSB-ELB-UV	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Rumus Struktur (a) ikatan α -1,4 glikosida dan (b) ikatan β -1,4 glikosida	6
2.2 Mekanisme Pembentukan Selulosa.....	8
2.3 (a) Gambar SEM dari SB dan (b) Model Skema Mikrofibril dari SB	9
2.4 Bakteri <i>A. xylinum</i>	10
2.5 Lidah Buaya (<i>Aloe vera</i> Linn).....	16
3.1 Ilustrasi uji kuat tekan KSB-ELB pada alat <i>Compressive Strenght</i>	27
3.2 Ilustrasi uji kuat tarik KSB-ELB pada alat <i>Tensile Strenght</i>	28
3.3 Desain Penelitian.....	32
4.1 Ilustrasi pertumbuhan SB.....	33
4.2 SB hasil fermentasi (a) permukaan yang rata , dan (b) permukaan tidak rata.	34
4.3 Pencucian SB (a) SB sebelum pencucian, dan (b) SB setelah pencucian	34
4.5 (a) LB, (b) Daging LB, (c) Proses pembレンダーan ELB yang menghasilkan buih, dan (d) Buih ELB disaring menghasilkan filtrat.....	36
4.6 Shaker modifikasi LaMaS (a) dengan dan tanpa menggunakan sinar UV, (b) tanpa menggunakan sinar UV, (c) Lampu UV dalam UV box, dan (d) UV box yang ditutup dengan kain hitam	37

4.7 Grafik Pengaruh Waktu Perendaman KSB-ELB vs Kandungan Air KSB-ELB.	38
4.8 Grafik Pengaruh Waktu Perendaman vs <i>Compressive Strenght</i> KSB-ELB ...	40
4.9 Grafik pengaruh dan hubungan lama perendaman terhadap (a) Kuat tarik,(b) regangan, dan (c) elastisitas pada KSB-ELB-UV dan KSB-ELB-TUV	43
4.10 Spektrum FTIR (a) SB, (b) LB, (c) KSB-ELB-TUV, dan (d) KSB-ELB.....	45
4.11 (a) Grafik perbandingan XRD dari SB, KSB-ELB-TUV, dan KSB-ELB-UV dan (b) Perbandingan pola XRD masing – masing tipe selulosa	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Preparasi SB.....	58
2. Pencucian dan Pemurnian SB	59
3. Pembuatan ELB (<i>Aloe vera</i> Linn).....	60
4. Preparasi KSB-ELB	61
5. Penentuan <i>Water Content</i> (Kandungan Air)	62
6. <i>Compressive Strenght</i> (Uji Kuat Tekan).....	64
7. <i>Tensile Strenght</i> (Uji Kuat Tarik) KSB-ELB.....	65
8. Analisis <i>Faurier Tranform Infra-Red</i> (FTIR).....	66
9. Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	67
10. Perhitungan Pembuatan Larutan NaOH 2%	68
11. Data <i>Water Content</i> (Kandungan Air) KSB-ELB.....	69
12. Perhitungan <i>Water Content</i> (Kandungan Air) KSB-ELB.....	70
13. Data <i>Compressive Strenght</i> (Uji Kuat Tekan) KSB-ELB.....	72
14. Perhitungan <i>Compressive Strenght</i> (Uji Kuat Tekan) KSB-ELB	73
15. Data <i>Tensile Strenght</i> (Uji Kuat Tarik) , Elongasi, dan Elastisitas KSB- ELB.....	77

16. Perhitungan <i>Tensile Strenght</i> (Uji Kuat Tarik), Elongasi, dan KSB- ELB.....	78
17. Spektra FTIR KSB-ELB	83
19. Difraktogram XRD KSB-ELB.....	87
20. Data dan Perhitungan Penentuan Persentase Derajat Kristalinitas KSB -ELB90	
21. Dokumentasi Penelitian	91

DAFTAR SINGKATAN

<i>a.u</i>	=	<i>Arbitrary Unit</i>
ATP	=	<i>Adenosine Triphosphat</i>
<i>A. xylinum</i>	=	<i>Acetobacter Xylinum</i>
ELB	=	Ekstrak Lidah Buaya
FTIR	=	<i>Fourier Tranform Infra-Red</i>
KSB-ELB	=	Komposit Selulosa Bakterial - Ekstrak Lidah Buaya
KSB-ELB-TUV	=	Komposit Selulosa Bakterial - Ekstrak Lidah Buaya Tanpa menggunakan Sinar UV
KSB-ELB-UV	=	Komposit Selulosa Bakterial - Ekstrak Lidah Buaya menggunakan Sinar UV
LB	=	Lidah Buaya
SB	=	Selulosa Bakterial
Sinar UV	=	Sinar Ultraviolet
W_b	=	Berat basah
W_c	=	<i>Water content</i>
W_k	=	Berat Kering
XRD	=	<i>X-Ray Diffraction</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Selulosa merupakan polisakarida linear berbahan organik yang paling melimpah di bumi. Selulosa ditemukan sebagai komponen struktural yang sering terikat dengan polimer lain (pektin, lignin, hemiselulosa, dll) pada dinding sel tanaman, alga, dan juga beberapa bakteri. Beberapa spesies bakteri yang dekat dengan genus *Acetobacter xylinum* (*A. xylinum*) dapat memproduksi dan mengeluarkan ekstrak sel selulosa dalam bentuk serat yang disebut dengan Selulosa Bakterial (SB) (Saibuatong, 2009).

SB adalah selulosa yang diproduksi oleh bakteri asam asetat dan memiliki beberapa keunggulan dibandingkan selulosa yang berasal dari tumbuhan. Keunggulan tersebut di antaranya (1) memiliki kemurnian yang tinggi, (2) struktur jaringan yang sangat baik, (3) kemampuan degradasi tinggi, dan (4) kekuatan mekanik yang unik (Tsuchida.T & Yoshinaga.F, 1997). Selain itu, SB (5) memiliki kandungan air yang tinggi (98-99%), (6) penyerap cairan yang baik, (7) bersifat non-alergenik, dan (8) dapat dengan aman disterilisasi tanpa menyebabkan perubahan karakteristiknya (Ciechanska, 2004).

SB juga telah digunakan dalam bidang medis dan farmasi dalam bentuk (1) pembalut luka, (2) kulit buatan, (3) pembuluh darah buatan, dan (4) pengganti untuk jaringan kartilago (Putra, 2008) serta (5) dapat diimplan ke dalam tubuh manusia sebagai benang jahit dalam pembedahan (Hoenich, 2006). Pemanfaatan SB dalam bidang biomedis digunakan untuk pergantian jaringan salah satunya

pengganti jaringan lunak di tubuh sebagai contohnya yaitu penghubung tulang dengan tulang (ligamen), penghubung otot dengan tulang (tendon) dan tulang rawan (*Articular cartilage*).

Salah satu kendala dalam pemanfaatan SB dalam bidang biomedis yaitu rendahnya sifat elastisitas dari SB (Hagiwara.Y, *et al*, 2009). SB memiliki kekuatan tarik yang tinggi sepanjang arah lapisan serat. Akan tetapi, nilai modulus tekanannya rendah. Apabila SB ditekan dari sudut tegak lurus arah tumpukannya, maka air di dalam SB dengan mudah dapat diperas keluar dari gel seperti ditekan menggunakan jari dan gel tidak dapat kembali ke bentuk semula. (Hagiwara, Y,*et al*, 2009). Akibatnya, sifat elastisitas dari SB kurang. Hal ini menjadi salah satu kelemahan SB dalam aplikasinya di dunia medis. Untuk meningkatkan keelastisitasan SB, Nakayama (2004) telah menggabungkan SB dengan Gelatin Doble Network gel (DN) sehingga elastisitas dari SB bisa meningkat.

Salah satu alternatif lain yang dapat dilakukan untuk memperoleh SB dengan elastisitas yang tinggi yaitu menggabungkan SB dengan bahan lain sehingga membentuk suatu material baru berupa komposit. Komposit merupakan suatu materi yang tersusun lebih dari dua elemen penyusunnya (matriks dan *filler*). Bahan penyusun komposit masing-masing memiliki sifat yang berbeda, dan ketika digabungkan dalam komposisi tertentu akan terbentuk sifat-sifat baru. Dalam hal ini SB berperan sebagai matriks, sementara bahan lain yang berfungsi sebagai *filler* atau pengisi dapat berupa bahan alam. Salah satu bahan alam yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah Lidah Buaya (*Aloe vera* Linn).

Lidah Buaya (LB) merupakan salah satu tanaman penyembuhan tertua yang dikenal manusia. LB digunakan untuk pembersih darah, penurunan panas, obat wasir, batuk rejan, dan mempercepat penyembuhan luka. Beberapa nutrisi yang terkandung dalam lidah buaya, berupa bahan organik dan anorganik, diantaranya vitamin, mineral, beberapa asam amino, serta enzim yang diperlukan tubuh (Widodo dan Budhiharti, 2006). Daging LB disebut juga gel LB (gel *mucilaginous*) diperoleh dari mengekstrak LB seperti *jelly* dari jaringan parenkim. Gel LB bermanfaat untuk (1) penyembuhan luka, termasuk kemampuan untuk masuk dan membius jaringan, (2) menghalangi bakteri, jamur, dan pertumbuhan virus, serta (3) bertindak sebagai agen anti-inflamasi dan meningkatkan aliran darah (Saibuatong, 2009).

Ekstrak Lidah Buaya (ELB) mengandung senyawa aktif berupa fenol, tanin, dan saponin. Tanin dapat menyebabkan penciutan pori-pori kulit, dan menghentikan pendarahan yang ringan. Fenol memiliki kemampuan sebagai antiseptik dan mencegah kerusakan akibat reaksi oksidasi yang terjadi pada kosmetik dan bermanfaat untuk regenerasi jaringan. Saponin memiliki kemampuan sebagai antiseptik yang berfungsi membunuh kuman atau mencegah pertumbuhan mikroorganisme yang biasa timbul pada luka (Wijaya, 2013). ELB juga mengandung zat aktif monosakarida dan polisakarida (terutama dalam bentuk *mannosa*) yang disebut *acemannan* (*acetylated mannose*) (Ening, 2007). Gel pada LB apabila diberi tekanan akan hancur dan tidak kembali ke bentuk semula. Hal ini menjadi salah satu kekurangan LB. Untuk menghasilkan sifat yang lebih baik, maka LB dikompositkan dalam SB sebagai *filler*.

Pada penelitian ini, komposit antara SB dan ELB bertujuan untuk menghasilkan suatu komposit yang memiliki sifat lebih elastis dan dapat digunakan dalam dunia medis, misalnya sebagai pengganti tulang rawan (*articular cartilage*). Variabel yang akan diteliti adalah pengaruh waktu perendaman SB dalam ELB selama 1,2,3, dan 4 hari dengan dan tanpa penggunaan sinar UV, serta mengkarakterisasi sifat fisik, sifat mekanik (*compressive strenght* dan *tensile strenght*), dan analisis struktur (analisis gugus fungsi dan uji derajat kristalinitas) yang diinginkan.

1.2 Identifikasi Masalah

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

1. SB kurang elastis, karena apabila diberi tekanan SB tidak dapat kembali ke bentuk semula.
2. Gel ELB mudah rusak jika ditekan.
3. Penggabungan SB dalam ELB sebagai *filler* diharapkan dapat menghasilkan suatu komposit yang bersifat elastis.

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 limbah air kelapa, yang difermentasi menggunakan bakteri *A. xylinum*.
2. ELB digunakan sebagai *filler*.

3. Variabel yang akan diteliti adalah pengaruh waktu perendaman SB dalam ELB (1,2,3, dan 4 hari) dengan dan tanpa menggunakan sinar UV.
4. Karakterisasi KSB-ELB dilakukan dengan pengujian sifat fisik (*water content*), sifat mekanik (*compressive strength* dan *tensile strength*) , dan struktur kimia (analisis gugus fungsi dan uji derajat kristalinitas).

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka penulis merumuskan suatu masalah yaitu Bagaimana pengaruh waktu perendaman SB dalam ELB selama 1,2,3, dan 4 hari dengan dan tanpa menggunakan sinar UV terhadap karakteristik (sifat fisik, sifat mekanik dan analisis struktur) dari KSB-ELB.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah menentukan bagaimana pengaruh waktu perendaman SB dalam ELB selama 1,2,3, dan 4 hari dengan dan tanpa menggunakan sinar UV terhadap karakteristik (sifat fisik, sifat mekanik dan analisis struktur) dari KSB-ELB.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

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

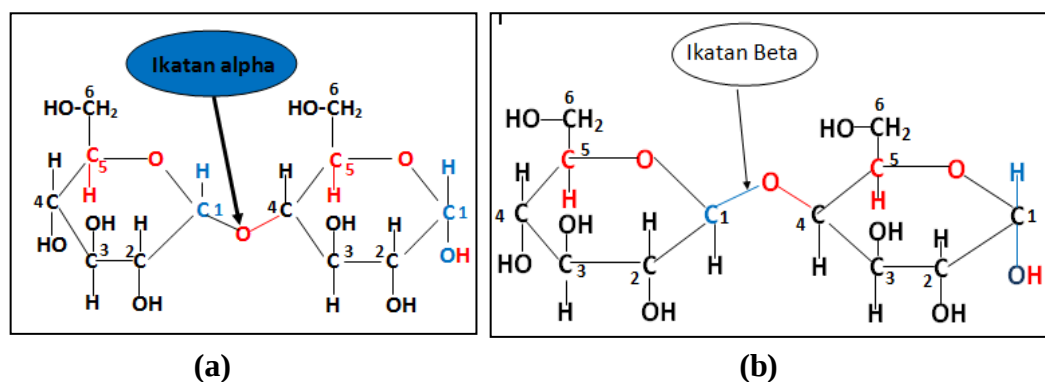
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Selulosa Bakterial (SB)

Selulosa merupakan homopolimer yang tidak bercabang dari residu glukosa yang terhubung dengan ikatan β -1,4 glikosidik. Unit berulang pada sintesis polimer ini terdiri dari dua molekul glukosa yang berikatan dimana salah satu molekulnya berotasi 180° terhadap molekul yang lain. Selain dihasilkan oleh tumbuhan, selulosa juga dihasilkan oleh mikrobia, utamanya bakteri. Selulosa yang diproduksi oleh bakteri mempunyai kelebihan dari kemurnian struktur kimianya, berbeda dengan selulosa tumbuhan yang biasanya berasosiasi dengan lignin dan hemiselulosa (Brown, *et al.*, 1976).

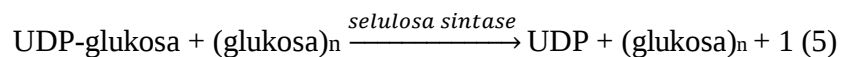
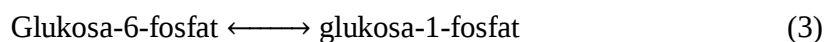
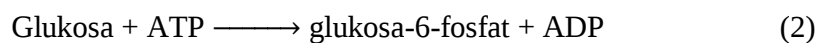
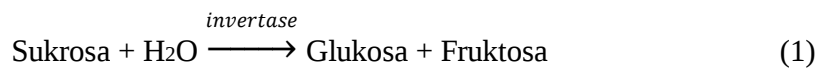
Suatu molekul tunggal selulosa merupakan polimer lurus dari D-glukosa yang terikat melalui karbon 1 dan 4 oleh ikatan-ikatan β . Selulosa memiliki tiga gugus hidroksil bebas yaitu α -selulosa, β -selulosa, dan γ -selulosa yang menyebabkan selulosa memiliki kemampuan untuk membentuk ikatan hydrogen antar rantai selulosa.



Gambar 2.1 Rumus Struktur (a) ikatan α -1,4 glikosida dan (b) ikatan β -1,4 glikosida (Sumada, dkk.2011)

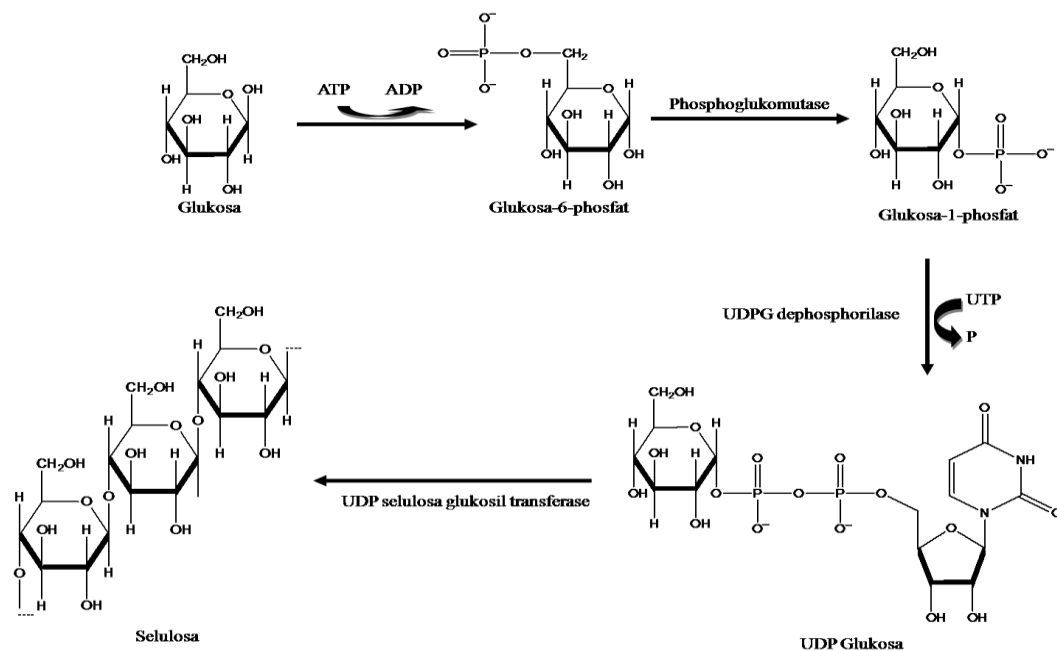
Tahap Pembentukan SB

SB dihasilkan oleh *A. xylinum* melalui proses fermentasi. Selama fermentasi bakteri memecah gula (sukrosa) menjadi glukosa dan fruktosa. Adanya enzim sukrase akan mengubah sukrosa menjadi fruktosa dan glukosa. Setelah proses hidrolisis berlangsung, glukosa akan diubah menjadi glukosa-6-fosfat dengan adanya ATP (Adenosine Triphosphat). ATP yang kehilangan satu fosfatnya akan berubah menjadi ADP (adenosine diphosphat). Reaksi ini melibatkan enzim heksokinase. Heksokinase yang berasal dari ragi dapat menjadi katalis pada glukosa, fruktosa, manosa, dan glukosamina. Enzim heksokinase dapat dihambat sendiri oleh produk yang dihasilkan. Enzim heksokinase untuk fosforilasi glukosa disebut glukokinase (GK) (Bielecki *et al.*, 2005). Reaksi di bawah merupakan reaksi pembentukan selulosa dari glukosa (Lehninger, 1993).



Berawal dari glukosa sebagai sumber makanan oleh bakteri *A. 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, sehingga glukosa-1-posfat diubah menjadi UDP-Glukosa dengan bantuan UTP. Dengan adanya enzim

yang dapat mempolimerisasikan glukosa menjadi selulosa yang diproduksi oleh bakteri *A. xylinum* yaitu sintesa selulosa, maka UDP-Glukosa tersebut dapat dipolimerisasi menjadi selulosa (Pardosi, 2008).

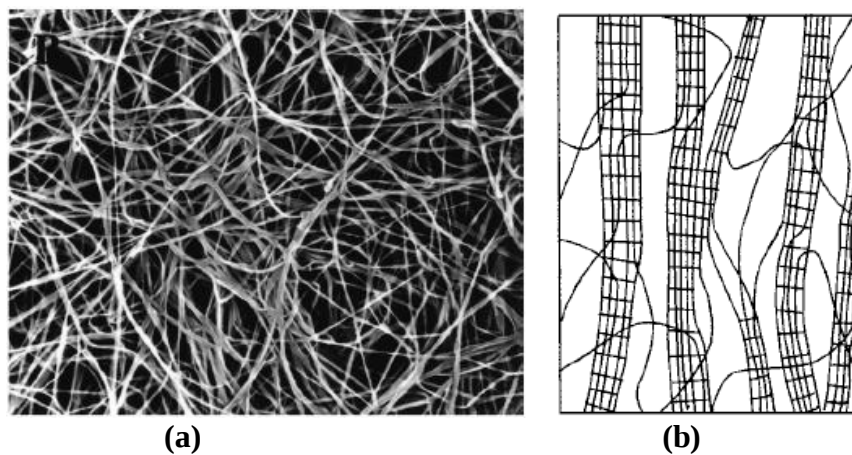


Gambar 2.2 Mekanisme Pembentukan Selulosa (Pardosi, 2008)

SB diproduksi oleh mikroorganisme terutama bakteri *A. xylinum* melalui proses fermentasi. SB memiliki karakteristik yang lebih baik dibandingkan selulosa dari tanaman. Karakteristik tersebut antara lain (1) kemurnian tinggi (> 98%), (2) memiliki derajat polimerisasi yang lebih tinggi (~10.000), (3) sifat mekanik yang kuat (modulus Young 15-35 GPa), (4) kekuatan tarik (200-300 MPa), dan (5) memiliki mikrofibril yang tipis dari selulosa tanaman (50-80 nm, sekitar 200 kali lebih tipis dari katun) (Qin *et al.*, 2015) serta (6) kristalinitasnya tinggi (>60%) .

Struktur molekul SB ($C_6H_{10}O_5$)_n adalah sama dengan selulosa tanaman, tetapi sifat fisika dan kimiawinya berbeda. SB secara kimiawi lebih murni karena bebas dari lignin, pektin, dan hemiselulosa, memiliki derajat kristalinitas polimer dan

derajat polimerisasi yang lebih tinggi serta kekuatan mekanik dan kapasitas menyimpan air juga lebih tinggi dibandingkan serat selulosa tanaman (Tsuchida & Yoshinaga, 1997), sehingga SB merupakan material yang baik untuk matriks suatu komposit. SB memiliki aktivitas permukaan yang tinggi karena terdiri atas serat-serat fibril yang lebih kecil, dan lebih seragam dibandingkan serat selulosa tanaman.



Gambar 2.3 (a) Gambar SEM dari SB (Dae-Young, 2002) dan (b) Model Skema Mikrofibril dari SB (Iguchi, *et al*, 2000)

SB memiliki kekuatan tarik yang tinggi sepanjang arah lapisan serat, akan tetapi nilai modulus tekanannya rendah. Apabila SB ditekan dari sudut tegak lurus arah tumpukannya, maka air di dalam SB dengan mudah dapat diperas keluar dari gel seperti ditekan menggunakan jari dan gel tidak dapat kembali ke bentuk semula karena pembentukan ikatan hidrogen antara serat selulosa (Hagiwara, Y, *et al*, 2009). Standar SB dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1. Standar SB

Standar	MPa
<i>Tensile Strength</i>	2,9
<i>Compressive Strength</i>	0,007
<i>WaterContent</i>	90 %
Elastisitas (<i>ModulusYoung</i>)	0,4-0,9

Sumber : Nakayama, 2004

2.2 Bakteri *A. xylinum*

Mikroorganisme yang telah lama dikenal sebagai penghasil selulosa adalah dari golongan bakteri terutama *Acetobacter*. *A. xylinum* merupakan bakteri berbentuk batang pendek, yang mempunyai panjang 2 mikron dengan permukaan dinding yang berlendir. Bakteri *A. xylinum* bersifat gram negatif, aerob, berbentuk batang pendek atau kokus. Bakteri ini biasanya membentuk rantai pendek dengan satuan 6-8 sel dan menunjukkan gram negatif. Sifat yang paling menonjol dari bakteri ini adalah memiliki kemampuan untuk mempolimerisasi glukosa sehingga menjadi selulosa (Iskandar, 2010).



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

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

Kerajaan : *Bacteria*
Filum : *Proteobacteria*
Kelas : *Alpha Proteobacteria*
Ordo : *Rhodospirillales*
Familia : *Pseudomonadaceae*
Genus : *Acetobacter*
Spesies : *Acetobacter xylinum*

A. xylinum menghasilkan selulosa sebagai produk metabolit sekunder, sedangkan produk metabolit primernya adalah asam asetat. Semakin banyak kandungan nutrisi, semakin besar kemampuan *A. xylinum* untuk membentuk selulosa. Faktor-faktor yang mempengaruhi kemampuan *A. xylinum* dalam menghasilkan selulosa yaitu sumber karbon, sumber nitrogen, pH, dan temperatur (Coban dan Biyik, 2011). *A. xylinum* mampu membentuk suatu lapisan tipis, yang dapat mencapai ketebalan beberapa sentimeter dalam media cair yang mengandung glukosa. Bakteri ini terperangkap dalam massa benang-benang yang dibuatnya, sehingga menghasilkan massa yang kokoh, kenyal, tebal dan transparan (Ceinhaska, 2004).

Bakteri *A. xylinum* dapat tumbuh pada rentang suhu 20°C - 30°C dan pada pH 4-4,5. Faktor lain yang berpengaruh terhadap hasil SB adalah wadah fermentasi. Untuk efisiensi dan efektifitas hasil SB serta mempertinggi rendemen lebih baik digunakan wadah dengan luas permukaan yang relatif besar. Hal ini disebabkan karena pada kondisi yang demikian pertukaran oksigen dapat berlangsung dengan baik (Jagannath, *et al*, 2008). Sifat utama pada bakteri ini yaitu kemampuan

mempolimerisasi glukosa menjadi selulosa dan kemudian membentuk matrik yang dikenal sebagai SB.

2.3 Aplikasi SB

SB sudah digunakan dalam bidang medis dan farmasi dalam bentuk (1) pembalut luka, (2) kulit buatan, (3) pembuluh darah buatan, dan (4) pengganti untuk jaringan kartilago (Putra, 2008). serta (5) dapat diimplan ke dalam tubuh manusia sebagai benang jahit dalam pembedahan (Hoenich, 2006). Pemanfaatan SB dalam bidang biomedis digunakan untuk pergantian jaringan salah satunya pengganti jaringan lunak di tubuh sebagai contohnya yaitu penghubung tulang dengan tulang (ligamen), penghubung otot dengan tulang (tendon) dan tulang rawan (*articular cartilage*). Salah satu kendala dalam pemanfaatan SB dalam bidang biomedis yaitu rendahnya sifat elastisitas dari SB (Hagiwara.*et al*, 2009). *Articular Cartilage* sering dikenal sebagai tulang rawan. Standar tulang rawan menurut Hashemi (2014) dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Standar Tulang rawan

Sifat Mekanik	Tulang Rawan (<i>ArticularCartilage</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 Modulus	0.1–2.0 MPa
Hydraulic Permeability	$0.5\text{--}5.0 \times 10^{-15} \text{ m}^4 \text{ N}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

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

Sumber : Hashemi, 2014

SB juga dapat diaplikasikan sebagai pengganti kulit dalam mengobati luka bakar dan bahan pembalut nonwoven untuk luka kronis, diafragma akustik, super-sorbers dan membran khusus (Gayathry dan Gopalaswamy, 2014). SB juga diaplikasikan secara luas, beberapa di antaranya adalah terapi kulit, pembuluh darah buatan, potensi perancah (*scaffold*) untuk teknik jaringan, produk perawatan luka, untuk industri kertas dan industri makanan.

2.4 Komposit

Komposit adalah suatu bahan yang merupakan gabungan atau campuran dari dua material atau lebih pada skala makroskopis untuk membentuk material ketiga yang lebih bermanfaat. Keunggulan bahan komposit tergantung dari penggabungan sifat-sifat yang unggul dari unsur pembentuknya (azwar, 2009). Komposit didefinisikan sebagai kombinasi antara dua material atau lebih yang berbeda bentuk dan komposisi kimianya, dan tidak saling melarutkan antara materialnya dimana material yang satu berfungsi sebagai penguat dan material yang lainnya berfungsi sebagai pengikat untuk menjaga kesatuan unsur-unsurnya.

Dua kategori material penyusun komposit secara umum, yakni matriks dan penguat (*filler*) (Maryanti, dkk, 2011). Matriks adalah bagian dari komposit yang mengelilingi partikel penyusun komposit, yang berfungsi sebagai bahan pengikat

partikel dan ikut membentuk struktur fisik komposit. Matriks tersebut bergabung bersama dengan bahan penyusun lainnya, oleh karena itu secara tidak langsung mempengaruhi sifat-sifat fisis dari komposit yang dihasilkan. Sedangkan *filler* adalah komponen yang dimasukkan ke dalam matriks yang berfungsi sebagai penerima atau penahan beban utama yang dialami oleh matriks.

Pada prinsipnya, komposit dibentuk berdasarkan kombinasi antara dua atau lebih material seperti bahan logam, organik ataupun nonorganik. Bentuk konstituen yang umum digunakan dalam bahan komposit yaitu *filler*, serat, partikel, *laminae* (lapisan), serpihan (*flakes*), dan matriks. Matriks merupakan konstituen utama yang melindungi dan memberikan bentuk pada komposit. Bahan-bahan penguat tersebut menentukan struktur internal dari komposit.

Ikatan antara matriks dan filler harus kuat. Apabila ikatan yang terjadi cukup kuat, maka mekanisme penguatan dapat terjadi. Tetapi apabila ikatan antar permukaan partikel dan matriks tidak bagus, maka yang terjadi adalah *filler* yang hanya akan berperan sebagai *impurities* atau pengotor saja dalam spesimen. Akibatnya *filler* akan terjebak dalam matriks tanpa memiliki ikatan yang kuat dengan matriksnya. Sehingga akan ada udara yang terjebak dalam matriks yang dapat menimbulkan cacat pada spesimen. Akibatnya beban atau tegangan yang diberikan pada spesimen tidak akan terdistribusi secara merata. Kekuatan komposit tidak tergantung dari interaksi mikroskopik antar molekul seperti yang biasa terjadi pada material lain. Kekuatan komposit terdiri dari serat, dan posisi serat dalam komposit itu sendiri apabila posisi serat dalam matrik hanya satu arah saja sesuai dengan arah serat. Akan tetapi komposit yang berkualitas tinggi adalah

yang bisa melayani gaya dari segala arah untuk memenuhi kebutuhan ini hendaknya serat diusahakan mengarah kesegala arah. Komposit tentu dipengaruhi oleh jenis serat dan panjangnya serat dan arah serat (serat-serat itu diorientasikan paralel kepada arah pengujian) supaya untuk menunjukkan sifat mekanis terbaik (Arbintarso, E.S. 2009).

2.5 Lidah Buaya (*Aloe vera* Linn)

LB masuk pertama kali ke Indonesia sekitar abad ke- 17. Tanaman tersebut dibawa oleh petani keturunan Cina dan merupakan salah satu tanaman penyembuhan tertua yang dikenal manusia. Tanaman LB dimanfaatkan sebagai tanaman hias yang ditanam sembarangan di pekarangan rumah dan digunakan sebagai kosmetika untuk penyubur rambut. Sekitar tahun 1990, tanaman ini baru digunakan untuk industri makanan dan minuman.

Lidah buaya (*Aloe vera* ; Latin: *Aloe barbadensis* Miller) adalah sejenis tumbuhan yang sudah dikenal sejak ribuan tahun silam dan digunakan sebagai penyembuh luka dan untuk perawatan kulit. Seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, pemanfaatan tanaman lidah buaya berkembang sebagai bahan baku industri farmasi dan kosmetik, serta sebagai bahan makanan dan minuman kesehatan. Secara umum, lidah buaya merupakan satu dari sepuluh jenis tanaman terlaris didunia yang mempunyai potensi untuk dikembangkan sebagai tanaman obat dan bahan baku industri.

Terdapat beberapa jenis *Aloe* yang umum dibudidayakan, yaitu *Aloe sorocortin* yang berasal dari Zanzibar, *Aloe barbadensis* Miller, dan *Aloe vulgaris*. Namun

lidah buaya yang saat ini dibudidayakan secara komersial di Indonesia adalah *Aloe barbadensis* Miller atau yang memiliki sinonim *Aloe vera* Linn.

Klasifikasi ilmiah Lidah Buaya atau *Aloe vera* Linn, sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae*
 Divisio : *Spermathophyta*
 Sub division : *Angiospermae*
 Class : *Monocotyledonae*
 Ordo : *Liliales*
 Family : *Liliaceae*
 Genus : *Aloe*
 Species : *Aloe vera* L



Gambar 2.5 Lidah Buaya (*Aloe vera* Linn) (Armianti, I, 2015)

LB tersusun oleh 99,5% air dan dengan total padatan terlarut hanya 0,49% selebihnya mengandung lemak, karbohidrat, protein dan vitamin. LB mengandung berbagai senyawa biologis aktif, seperti *mannans asetat*, *polymanannans*, *antrakuinon*, dan berbagai lektin. LB juga mengandung sekitar 75 jenis zat yang telah dikenal bermanfaat dan lebih dari 200 senyawa lain yang membuatnya layak digunakan dalam pengobatan herbal. Daun LB sebagian besar berisi daging daun yang mengandung getah bening dan lekat. Sedangkan bagian luar daun berupa kulit tebal yang berklorofil (Nurmalina, 2012), serta mengandung lemak tak jenuh *Arachidonic acid* dan *Phosphatidylcholine* dalam jumlah relatif besar (Sudarsono

et al, 1996). Daun dan akar mengandung saponin dan flavonoid, disamping itu daunnya juga mengandung tanin dan polifenol.

Lidah buaya mempunyai kandungan zat gizi yang diperlukan tubuh dengan cukup lengkap, yaitu vitamin A, B1, B2, B3, B12, C, E, choline, inositol dan asam folat. Kandungan mineralnya antara lain terdiri dari kalsium (Ca), magnesium (Mg), potasium (K), sodium (Na), besi (Fe), zinc (Zn) dan kromium (Cr). Beberapa unsur vitamin dan mineral tersebut dapat berfungsi sebagai pembentuk antioksidan alami, seperti vitamin C, vitamin E, vitamin A, magnesium dan Zinc. Antioksidan ini berguna untuk mencegah penuaan dini, serangan jantung dan berbagai penyakit degeneratif. Daun lidah buaya segar mengandung enzim amilase, catalase, cellulase, carboxypeptidase dan lain - lain. Selain itu, lidah buaya juga mengandung sejumlah asam amino arginin, asparagin, asam aspartat, alanin, serin, valin, glutamat, treonin, glisin, lisin, prolin, hisudin, leusin dan isoleusin (Purwaningsih, 2016)

LB digunakan untuk pembersih darah, penurunan panas, obat wasir, batuk rejan, dan mempercepat penyembuhan luka. Beberapa nutrisi yang terkandung dalam lidah buaya, berupa bahan organik dan anorganik, diantaranya vitamin, mineral, beberapa asam amino, serta enzim yang diperlukan tubuh (Widodo dan Budhiharti, 2006). Daging LB juga disebut juga gel LB (*gel mucilaginous*) yang diperoleh dari mengekstrak LB seperti *jelly* dari jaringan parenkim. Gel LB bermanfaat untuk penyembuhan luka, termasuk kemampuan untuk masuk dan membius jaringan, menghalangi bakteri, jamur, dan pertumbuhan virus, serta

bertindak sebagai agen anti-inflamasi dan meningkatkan aliran darah (Davis, *et al.*, 1994).

ELB mengandung senyawa aktif berupa fenol, tanin, dan saponin. Tanin dapat menyebabkan penciutan pori-pori kulit, dan menghentikan perdarahan yang ringan. Fenol memiliki kemampuan sebagai antiseptik dan mencegah kerusakan akibat reaksi oksidasi yang terjadi pada kosmetik dan bermanfaat untuk regenerasi jaringan. Saponin memiliki kemampuan sebagai antiseptik yang berfungsi membunuh kuman atau mencegah pertumbuhan mikroorganisme yang biasa timbul pada luka (Wijaya, 2013). ELB juga mengandung zat aktif monosakarida dan polisakarida (terutama dalam bentuk *mannosa*) yang disebut *acemannan* (*acetylated mannose*) (Ening, 2007). *Acemannan* (*mannosa-6 fosfat*) merupakan suatu polimer linear yang menjadi substansial asetat monomer *mannosa* yang diisolasi dari gel lidah buaya sebagai salah satu bahan aktif utama (Femenia,*et al*, 2003).

2.6 Karakteristik Sifat KSB-ELB

2.6.1 Water Content (Kandungan Air)

Penentuan kandungan air bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kandungan air yang terdapat pada suatu sampel. Kandungan air merupakan perbandingan jumlah total air yang terdapat dalam suatu material dengan berat kering bahan yang digunakan. Kecukupan nitrogen dalam medium akan menstimulir bakteri dalam mensintesa selulosa dan menghasilkan SB dengan ikatan kuat dengan pori yang kecil (Islami, 2015).

2.6.2 *Compressive Strenght* (Kuat Tekan)

Kuat 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 yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu SB yang dihasilkan.

2.6.3 *Tensile Strenght* (Kuat Tarik)

Kuat Tarik ialah suatu sifat mekanis untuk mengukur kekuatan KSB – ELB yang dihasilkan. Kuat tarik adalah gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh SB selama pengukuran berlangsung sampai terputus. Semakin tinggi kekuatan tariknya, maka semakin bagus kualitas dari SB yang dihasilkan. Kekuatan SB sangat dipengaruhi oleh kandungan selulosa pada penambahan konsentrasi gula ke dalam media cair untuk pembuatan SB. Semakin panjang atau tinggi kekuatan tarik maka akan semakin bagus kualitas KSB – ELB yang dihasilkan. Meningkatnya kandungan selulosa membuat SB semakin elastis (Iskandar, *et al* 2010).

2.6.4 *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR)

Spektroskopi FTIR merupakan suatu metode analisis yang digunakan untuk karakterisasi bahan polimer dan analisis gugus fungsi. Dengan cara menentukan dan merekam hasil spectra residu dengan serapan energi oleh molekul organik dalam sinar infra merah. Spektroskopi FTIR adalah teknik pengukuran untuk mengumpulkan spektrum inframerah. Energi yang diserap sampel pada berbagai frekuensi sinar inframerah direkam, kemudian diteruskan ke interferometer. Sinar pengukuran sampel diubah menjadi interferogram. Setiap gugus dalam molekul

umumnya memiliki karakteristik sendiri sehingga spektroskopi FTIR dapat digunakan untuk mendeteksi gugus yang spesifik pada bakterial selulosa yang dihasilkan (Gustian *et al*, 2013).

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).

2.6.5 X-Ray Diffraction (XRD)

XRD (*X-Ray Diffraction*) merupakan sebuah alat yang dapat memberikan informasi tentang struktur termasuk keadaan amorf dan kristalin suatu polimer. Keadaan kristalin dari sampel SB akan menghasilkan puncak-puncak yang tajam, sementara keadaan amorf akan menghasilkan puncak-puncak yang cenderung melebar (Rohaeti, 2009). Difraksi sinar-X adalah suatu alat yang dapat digunakan untuk melihat difraktogram (pola difraksi sinar-X) suatu padatan kristal bila diberi sinar-X. Suatu kristal memiliki bidang yang dibentuk oleh atom-atom yang tertata secara teratur (Sibilia, 1988).

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.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Waktu Perendaman dapat mempengaruhi karakterisasi KSB-ELB, yaitu :
 - a. ELB dapat menurunkan kandungan air SB dan KSB-ELB dari 99 % sampai 98%.
 - b.ELB mengalami proses penyerapan adsorpsi secara fisika karena tidak membentuk senyawa baru.
 - c. adanya ELB pada SB dapat meningkatkan sifat mekanik KSB-ELB.
 - d. Sifat mekanik dari KSB-ELB belum memenuhi standar tulang rawan.
2. Sinar UV mempengaruhi sifat fisik dan mekanik KSB-ELB, tetapi tidak merubah struktur dari KSB-ELB.

5.2 Saran

Penelitian ini diperlukan kajian lebih lanjut mengenai:

1. Karakterisasi morfologi menggunakan SEM untuk menentukan bentuk permukaan dari KSB-ELB-TUV maupun KSB-ELB-UV.
2. Karakterisasi perbedaan temperatur (ΔT) menggunakan DTA antara SB dan KSB-ELB.
3. Penambahan konsentrasi LB dengan melakukan pemanasan atau maserasi.

4. Menambah waktu perendaman SB dalam ELB lebih dari 4 hari untuk mendapatkan hasil yang lebih baik lagi.
5. Untuk menambah kekuatan tekan, kekuatan tarik, dan menurunkan *water content* KSB-ELB sesuai dengan standar tulang rawan (*Articular Cartilage*), dapat dilakukan penambahan suatu *crosslinker* yaitu *N*-(3-dimetilaminopropil)-*N'*-etilkarbodiimida hidroklorit (EDC).

DAFTAR PUSTAKA

- Arbintarso, E.S. 2009. Tijauan Kekuatan Lengkung Papan Serat Sabut Kelapa sebagai Bahan Teknik, *Jurnal Teknologi*, 2(1), 53-60
- Armiaati, I Gusti Ketut. 2015. “Ekstrak Etanol Kulit Daun Lidah Buaya (*Aloe Vera Barbadensis Miller*) Konsentrasi 100% dapat Menurunkan Akumulasi Plak Gigi Dan Jumlah Koloni Bakteri *Streptococcus Mutans*”, *Tesis*, 111 Hal, Program Pasca Sarjana. Universitas Udayana, Denpasar, 6 Maret 2015.
- Azwar. 2009. Study Perilaku Mekanik Komposit Berbasis Polyester yang Diperkuat dengan Partikel Serbuk Kayu Keras dan Lunak, *Jornal of Science and Technology*, 7(16), ISSN 1693-248X
- Bielecki, S., Krystynowicz, A., Turkiewicz, M., dan Kalinowska, H., “Bacterial Cellulose“, dalam Steinbuchel, A and Rhee, S.K, (Ed). 2005. *Polysaccharides and Polyamides in the Food Industry* vol 5: 37-90
- Brown, R.M. Jr., J.H. Willison & C.L. Richardson. 1976. Cellulose biosynthesis in *Acetobacter xylinum*: Visualization of the site of synthesis & direct measurement of the in vivo process. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 73(12), 4565-4569.
- Ciechanska, Danuta. 2004. Multifunctional Bacterial Cellulose/Chitosan Composite Materials for Medical Applications. *Journal of Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 12(4), 69-72
- Davis, R. H., DiDonato, J. J., Hartman, G. M., & Haas, R. C. 1994. Anti-inflammatory and wound healing activity of a growth substance in aloe vera. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 84, 77–81.
- Dae-Young, Kim., Yoshiharu, N., dan Shigenori, K. 2002. Surface Acetylation of Bacterial Cellulose, *Cellulose*, 9, 361-367
- Ening, Wiedosari. 2007. Peranan Imunomodulator Alami (*Aloe vera*) dalam Sistem Imunitas Seluler dan Humoral. *Wartazoa*. 17(4), 165-171
- Gayathry, G., dan Gopalaswamy, G. 2011. “Production and Characterisation of Microbial Cellulosic Fibre from *Acetobacter xylinum*”. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, Vol.39: 93-96.
- Gustian, I. Adfa, M. Andriani, Y dan Roza, E. 2013. Karakterisasi kinerja membran selulosa bakteri menggunakan In take PDAM Kota Bengkulu sebagai model. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, Lampung, Indonesia