

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT
SELULOSA BAKTERIAL-EKSTRAK DAUN CINCAU
(*Cyclea barbata*) UNTUK APLIKASI BIOMEDIS**

SKRIPSI

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



YESI MARTA SAPUTRI

NIM. 1201521 / 2012

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

2016

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

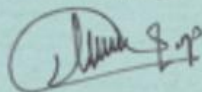
PREPARASI DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT SELULOSA
BAKTERIAL-EKSTRAK DAUN CINCAU (*Cyclea barbata*) UNTUK
APLIKASI BIOMEDIS

Nama : YESI MARTA SAPUTRI
NIM : 1201521
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2016

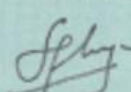
Disetujui oleh

Pembimbing I



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

Pembimbing II



Dra. Sri Benti Etika, M.Si
NIP. 19620913 198803 2 002

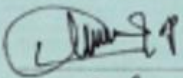
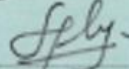
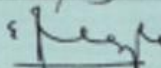
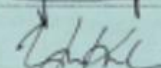
HALAMAN PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

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 Cincau (*Cyclos barbatus*) untuk
Aplikasi Biomedis
Nama : YESI MARTA SAPUTRI
NIM : 1201521
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	: Dra. Sri Benti Etika, M.Si	
3. Anggota	: Edi Nisra, S.Si., M.Si	
4. Anggota	: Umar Kalmur Nizar, M.Si., Ph.D	

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Yesi Marta Saputri
TM/NIM : 2012/1201521
Tempat/Tgl Lahir : Pekanbaru/15 Januari 1994
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Alamat : Jalan Perkasa V, RT 003, RW 017, Kel.Rejosari,
Kec.Tenayan Raya, Pekanbaru, Riau
No. HP/Telp : 085264104656
Judul Skripsi : Preparasi dan Karakterisasi Komposit Selulosa
Bakterial-Ekstrak Daun Cincau (*Cyclea barbata*)
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 Membuat Pernyataan



Yesi Marta Saputri

1201521

ABSTRAK

Yesi Marta Saputri : Preparasi dan Karakterisasi Selulosa Bakterial-Ekstrak Daun Cincau (*Cyclea barbata*) untuk Aplikasi Biomedis

Preparasi Komposit Selulosa Bakterial-Ekstrak Daun Cincau (KSB-EDCau) telah dilakukan bertujuan untuk dapat diaplikasikan dibidang biomedis. KSB-EDCau terdiri dari Selulosa Bakterial (SB) yang dimodifikasi dengan Ekstrak Daun Cincau (EDCau). SB berasal dari fermentasi air kelapa oleh bakteri *Acetobacter xylinum*. Preparasi KSB-EDCau dilakukan dengan variasi waktu perendaman yaitu 1, 2, 3 dan 4 hari dengan dan tanpa menggunakan sinar UV. KSB-EDCau yang dihasilkan dikarakterisasi sifat fisiknya; persentase kandungan air, sifat mekanik; kuat tekan dan kuat tarik, serta struktur; analisis gugus fungsi dan derajat kristalinitas. Hasil karakterisasi menunjukkan persentase kandungan air KSB-EDCau dengan dan tanpa menggunakan sinar UV semakin lama semakin menurun. Kandungan air pada KSB-EDCau-TUV lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan air KSB-EDCau-UV dan SB. Kuat tekan KSB-EDCau semakin lama semakin meningkat. KSB-EDCau dengan dan tanpa menggunakan sinar UV 3 hingga 9 kali lebih kuat dibandingkan SB. Kuat tarik dan elastisitas pada KSB-EDCau-UV lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tarik dan elastisitas KSB-EDCau-TUV dan SB. Analisis spektra FTIR menggunakan sampel pada hari ke 4 KSB-EDCau dengan dan tanpa menggunakan sinar UV menunjukan tidak terdapat gugus fungsi baru pada KSB-EDCau. Analisis derajat kristalinitas menggunakan sampel pada hari ke 4 KSB-EDCau dengan dan tanpa menggunakan sinar UV menunjukkan derajat kristalinitas KSB-EDCau-UV lebih rendah dibandingkan KSB-EDCau-TUV dan SB.

Kata kunci : SB, EDCau, KSB-EDCau, KSB-EDCau-TUV, KSB-EDCau-UV

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat 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 Daun Cincau (*Cyclea barbata*) untuk Aplikasi Biomedis”**. Shalawat dan salam untuk Nabi Muhammad SAW, sosok yang mulia, suri tauladan dalam segala sisi kehidupan.

Skripsi ini diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk 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 Dra. Sri Benti Etika, M.Si selaku pembimbing II sekaligus penasehat akademik.
3. Bapak Umar Kalmar Nizar, S.Si., M.Si., Ph.D dan Bapak Edi Nasra, M.Si selaku penguji.
4. Bapak Dr. Mawardi, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.
5. Bapak Hary Sanjaya, S.Si., M.Si selaku Ketua Prodi Kimia Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.
6. Seluruh Staf Akademik Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.

7. Pranata Labor Pendidikan (PLP) Kimia FMIPA.
8. Seluruh Staf Laboratorium Terpadu Kopertis Wilayah X.
9. Kedua Orang Tua dan adik-adik.
10. Teman-teman kimia tahun 2012.

Untuk kesempurnaan skripsi ini, maka dengan kerendahan hati penulis mengharapkan masukan dan saran membangun dari semua pihak. Atas masukan dan saran yang diberikan, penulis mengucapkan 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	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Selulosa	7
2.2 Bakteri <i>Acetobacter xylinum</i>	9
2.3 Selulosa Bakterial.....	11
2.4 Daun Cincau (<i>Cyclea barbata</i>)	15
2.5 Komposit.....	20

2.6 Karakterisasi KBS-EDCau.....	22
2.6.1 Sifat Fisik dari KBS-EDCau.....	22
2.6.2 Sifat Mekanik dari KSB-EDCau	23
2.6.2.1 Kuat Tekan (<i>Compressive Strength</i>).....	23
2.6.2.2 Kuat Tarik (<i>Tensile Strength</i>).....	23
2.6.3 Struktur dari KSB-EDCau	23
2.6.3.1 FTIR (<i>Fourier Transform Infra-Red</i>)	23
2.6.3.2 XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)	24
BAB III METODE PENELITIAN.....	26
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.2 Objek Penelitian.....	26
3.3 Variabel Penelitian	26
3.4 Alat dan Bahan.....	27
3.4.1 Alat	27
3.4.2 Bahan.....	27
3.5 Prosedur Penelitian.....	28
3.5.1 Preparasi SB	28
3.5.2 Pencucian dan Pemurnian SB.....	28
3.5.3 Preparasi EDCau.....	29
3.5.4 Preparasi KSB-EDCau	29
3.5.5 Karakterisasi KSB-EDCau	30

3.5.5.1 Karakterisasi Sifat Fisik KSB-EDCau; Uji Kandungan Air (<i>Water Content</i>)	30
3.5.5.2 Karakterisasi Sifat Mekanik KSB-EDCau	30
3.5.5.3 Analisis Struktur KSB-EDCau	32
3.6. Desain Penelitian.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Preparasi SB.....	35
4.2 Pencucian dan Pemurnian SB	38
4.3 Preparasi EDCau	39
4.4 Preparasi KSB-EDCau	39
4.5 Karakterisasi KSB-EDCau.....	42
4.5.1 Analisis Sifat Fisik KSB-EDCau ; Kandungan Air (<i>Water Content</i>).....	42
4.5.2 Analisis Sifat Mekanik KSB-EDCau	44
4.5.2.1 Analisis Kuat Tekan (<i>Compressive Strength</i>)	44
4.5.2.2 Analisis Kuat Tarik (<i>Tensile Strength</i>).....	47
4.5.3 Analisis Struktur KSB-EDCau	50
4.5.3.1 Analisis Gugus Fungsi KSB-EDCau.....	50
4.6.3.2 Analisa Kristalinitas KSB-EDCau.....	52
BAB V PENUTUP.....	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran.....	57

DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN	63

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Sifat-sifat mekanik jaringan tulang rawan	13
2.2. Komposisi kimia daun cincau per 100 gram bahan	17
4.1. Bilangan gelombang puncak spektra Daun Cincau, KSB-EDCau-TUV, KSB-EDCau-UV, SB.....	51
4.2. Persentase derajat kristalinitas KSB-EDCau	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Struktur kimia selulosa.....	8
2.2. Bakteri <i>A. xylinum</i>	10
2.3. Model skema mikrofibril SB (kanan) ditarik dibandingkan dengan misel berumbai (kiri)	12
2.4. Mekanisme pembentukan selulosa oleh <i>A. xylinum</i>	14
2.5. Daun cincau (<i>Cyclea barbata</i>)	16
2.6. Struktur metoksil pektin.....	19
2.7. Spektrum FTIR SB murni	24
2.8. Difraktogram SB	25
4.1. Ilustrasi pembentukan SB	36
4.3. Hasil fermentasi SB yang berhasil (a dan b) dan yang gagal (c dan d), (a) terbentuknya permukaan SB yang mulus, (b) bagian bawah SB lunak dan berlendir, ketebalan SB adalah 1 cm, (c) permukaan medium terdapat lapisan yang berjamur dan (d) permukaan SB yang berlubang dan bergelombang	38
4.4. SB yang telah dipotong dan direndam dalam EDCau dan diletakkan dalam plastik yang ditutup rapat	40
4.5. (a) perendaman tanpa menggunakan sinar UV diletakan di atas <i>shaker</i> , (b) perendaman dengan menggunakan sinar UV di dalam kotak UV yang ditutup dengan kain hitam.....	41
4.6. (a) SB, (b) KSB-EDCau-TUV (kiri) dan KSB-EDCau-UV (kanan)	42

4.7. Pengaruh waktu perendaman terhadap kandungan air KSB- EDCau dengan dan tanpa menggunakan sinar UV	43
4.8. (a) KSB-EDCau-TUV, (b) KSB-EDCau-UV	45
4.9. Pengaruh waktu perendaman terhadap kuat tekan KSB-EDCau dengan dan tanpa menggunakan sinar UV	46
4.10. (a) KSB-EDCau sebelum uji kuat tarik, (b) KSB-EDCau sesudah uji kuat tarik	47
4.11. Pengaruh waktu perendaman terhadap (a) kuat tarik, (b) regangan, (c) elastisitas dari KSB-EDCau-TUV, KSB-EDCau-UV dan SB	48
4.12. Spektrum FTIR sampel perendaman pada hari ke 4 (a) Daun Cincau, (b) KSB-EDCau-TUV, (c) KSB-EDCau-UV, (d) SB.....	51
4.13. Difaktogram sampel perendaman pada hari ke 4 (a) KSB-EDCau-TUV, (b) KSB-EDCau-UV, (c) SB.....	53
4.14. Perbandingan pola XRD masing-masing tipe selulosa	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Preparasi SB	63
2. Pencucian dan Pemurnian SB	64
3. Preparasi EDCau	65
4. Preparasi KSB-EDCau-TUV	66
5. Preparasi KSB-EDCau-UV	67
6. Uji Kandungan Air (<i>Water Content</i>) KSB-EDCau.....	68
7. Uji Kandungan Air (<i>Water Content</i>) EDCau	69
8. Penentuan Kuat Tekan (<i>Compressive Strength</i>) KSB-EDCau beserta Ilustrasi	70
9. Penentuan Kuat Tarik (<i>Tensile Strength</i>) KSB-EDCau	71
10. Analisa Gugus Fungsi KSB-EDCau	73
11. Analisa Kristalinitas KSB-EDCau	74
12. Data Kandungan Air (<i>Water Content</i>) KSB-EDCau	75
13. Perhitungan Kandungan Air (<i>Water Content</i>) KSB-EDCau.....	76
14. Data Uji Kuat Tekan (<i>Compressive Strength</i>) KSB-EDCau.....	78
15. Perhitungan Uji Kuat Tekan (<i>Compressive Strength</i>) KSB-EDCau.....	79
16. Data Uji Kuat Tarik (<i>Tensile Strength</i>), Elongasi, Regangan (<i>Strain</i>), dan Elastisitas KSB-EDCau.....	83

17. Perhitungan Kuat Tarik (<i>Tensile Strength</i>), Regangan (<i>Strain</i>) dan Elastisitas KSB-EDCau.....	84
18. Spektra FTIR KSB-EDCau	92
19. Difraktogram XRD KSB-EDCau.....	96
20. Data dan Perhitungan Penentuan Persentase Derajat Kristalinitas KSB-EDCau.....	97
21. Dokumentasi Penelitian	98

DAFTAR SINGKATAN

ATP	= Adenosin Tri Posfat
<i>A.xylinum</i>	= <i>Acetobacter xylinum</i>
Bb	= Berat Basah
Bk	= Berat Kering
EDCau	= Ekstrak Daun Cincau
FTIR	= <i>Fourier Transform Infra-Red</i>
KA	= Kandungan Air
KSB-EDCau	= Komposit Selulosa Bakterial-Ekstrak Daun Cincau
KSB-EDCau-TUV	= Komposit Selulosa Bakterial-Ekstrak Daun Cincau Tanpa UV
KSB-EDCau-UV	= Komposit Selulosa Bakterial-Ekstrak Daun Cincau UV
SB	= Selulosa Bakterial
UTP	= Urasil Tri Posfat
XRD	= <i>X-Ray Diffraction</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Selulosa adalah polimer alami yang melimpah di alam. Senyawa ini merupakan komponen struktural yang dapat berikatan dengan polimer lain (pektin, lignin, hemiselulosa, dan lain-lain). Selulosa dapat ditemukan pada tumbuh-tumbuhan seperti jerami padi, kulit jagung, gandum, tebu, alga dan tumbuhan lainnya. Selain terdapat pada tumbuh-tumbuhan, selulosa juga dapat dihasilkan oleh mikroba seperti bakteri (Brown, Jr, 1983).

Bakteri yang dapat menghasilkan selulosa salah satunya adalah *Acetobacter xylinum* (*A. xylinum*). Bakteri ini menghasilkan selulosa dalam bentuk serat (Saibuatong & Muenduen Phisalaphong, 2010). *A.xylinum* adalah jenis bakteri aerob yang dapat melakukan fermentasi pada rentang pH 3-7 dan suhu antara 25 °C-30°C.

A.xylinum menggunakan monosakarida sebagai substrat atau sumber karbon dengan mempolimerisasi glukosa menjadi serat-serat selulosa yang halus dan kemudian membentuk matriks di dalam berbagai macam media cair (Castro, C., *et al*, 2011). Beberapa media cair atau media kultur yang telah digunakan adalah air kelapa, limbah cair industri tahu, industri tapioka, air nenas, madu, dan sebagainya. Selulosa yang dihasilkan oleh bakteri *A.xylinum* ini dikenal dengan sebutan Selulosa Bakterial (SB).

SB memiliki serat panjang dan merupakan serat-serat tunggal selulosa yang saling melilit satu sama lain membentuk stuktur jaringan. SB mempunyai struktur

dasar yang sama dengan selulosa pada tumbuh-tumbuhan, akan tetapi memiliki beberapa keunggulan dibandingkan selulosa yang berasal dari tumbuh-tumbuhan.

Keunggulan dari SB diantaranya adalah waktu yang dibutuhkan untuk memperoleh selulosa lebih singkat, memiliki kemurnian yang tinggi, struktur jaringan yang sangat baik, kemampuan degradasi tinggi, kekuatan mekanik yang unik dan dapat bekerja selaras dengan tubuh tanpa menimbulkan efek samping atau merusak lingkungan biologis di sekitarnya. Selain itu, SB memiliki kandungan air yang tinggi (98-99%), penyerap cairan yang baik, bersifat non-alergenik, dan dapat disterilisasi dengan aman tanpa menyebabkan perubahan karakteristiknya (Ciechanska, D, 2004).

Biokompatibilitas dan keunikan sifat SB menyebabkan SB menjadi biopolimer yang menjanjikan di bidang biomedis. Dalam hal ini seperti penyembuhan luka, pengganti kulit atau kulit buatan, serta dapat diimplan ke dalam tubuh manusia sebagai benang jahit dalam pembedahan, penanaman jaringan kultur untuk sel mamalia, pembuluh darah buatan dan pengganti tulang rawan (Putra, A., *et al*, 2008).

Sifat SB yang mudah menyerap cairan (higroskopis) ini menyebabkannya mudah terkontaminasi oleh mikroba (Ciechanska, D, 2004), selain itu SB memiliki kekuatan dan sifat bioaktif yang masih rendah, dan juga apabila air yang terdapat di dalam lembaran SB ini hilang, maka SB ini tidak dapat kembali lagi ke bentuk semula, dengan kata lain SB tidak memiliki sifat elastisitas. Hal ini tentu menjadi salah satu kelemahan dalam aplikasinya di dunia medis. Untuk memperbaiki sifat elastisitas SB, para peneliti telah memodifikasi SB dengan

bahan lain contohnya penelitian yang dilakukan oleh Nakayama, A., *et al* (2004) yang memodifikasi SB dengan gelatin dan penelitian yang dilakukan oleh Putra, A., *et al* (2008) yang memodifikasi SB dengan *polydimethylsiloxane*. Modifikasi tersebut juga dapat dilakukan melalui penambahan bahan-bahan alam, dimana salah satunya adalah dengan ekstrak daun cincau (*Cyclea barbata*).

Ekstrak daun cincau (EDCau) digunakan sebagai bahan makanan sejenis gel. Komponen pembentuk gel cincau merupakan metoksil pektin rendah hidrokoloid (Artha, N, 2001). Pektin mempunyai kemampuan untuk membentuk gel jika di campur dalam larutan yang mempunyai tingkat keasaman dan kadar gula dalam perbandingan yang tepat (Rolin & De Vries, 1990). 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. Apabila gel ditekan, maka struktur gel tersebut akan pecah.

Sifat SB yang tidak elastis dan sifat cincau yang mudah pecah sehingga dilakukan modifikasi 2 bahan yang berbeda karakteristik ini. Dalam hal ini SB sebagai matriks dan EDCau sebagai *filler* (bahan pengisi). Peneliti tertarik melakukan penelitian modifikasi SB dengan EDCau membentuk material baru yaitu Komposit Selulosa Bakterial-Ekstrak Daun Cincau (KSB-EDCau) yang bertujuan untuk mendapatkan kekuatan elastisitas yang tinggi serta memperoleh sifat fisik, sifat mekanik dan struktur yang diinginkan untuk memaksimalkan pemanfaatannya dalam bidang biomedis.

1.2 Identifikasi Masalah

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

1. SB merupakan serat selulosa yang dihasilkan oleh bakteri yang bermanfaat dalam bidang biomedis, namun penggunaannya masih belum maksimal dikarenakan sifatnya yang tidak elastis.
2. EDCau dalam bentuk gel akan pecah apabila diberikan tekanan.
3. Penggabungan SB dengan EDCau diharapkan menghasilkan komposit yang elastis.

1.3 Batasan Masalah

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

1. SB difermentasi menggunakan bakteri *A. xylinum* dengan media kultur air kelapa.
2. Bahan *filler* (bahan pengisi) yang digunakan untuk komposit SB adalah EDCau (*Cyclea barbata*).
3. Variabel yang diteliti adalah pengaruh waktu perendaman SB dalam EDCau selama 1, 2, 3 dan 4 hari dengan dan tanpa menggunakan sinar UV.
4. Karakterisasi KSB-EDCau meliputi sifat fisik (uji kandungan air), sifat mekanik (uji kuat tekan dan uji kuat tarik) dan struktur (analisis gugus fungsi dan analisis kristalinitas).

1.4 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh waktu perendaman SB dalam EDCau selama 1, 2, 3 dan 4 hari terhadap karakteristik KSB-EDCau meliputi sifat fisik (uji kandungan air), sifat mekanik (uji kuat tekan dan uji kuat tarik) dan struktur (analisis gugus fungsi dan analisis kristalinitas).
2. Bagaimana pengaruh dengan dan tanpa menggunakan sinar UV terhadap karakteristik KSB-EDCau meliputi sifat fisik (uji kandungan air), sifat mekanik (uji kuat tekan dan uji kuat tarik) dan struktur (analisis gugus fungsi dan analisis kristalinitas).

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan diadakannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan pengaruh waktu perendaman SB dalam EDCau selama 1, 2, 3 dan 4 hari terhadap karakteristik KSB-EDCau meliputi sifat fisik (uji kandungan air), sifat mekanik (uji kuat tekan dan uji kuat tarik) dan struktur (analisis gugus fungsi dan analisis kristalinitas).
2. Menentukan pengaruh dengan dan tanpa menggunakan sinar UV terhadap karakteristik KSB-EDCau meliputi sifat fisik (uji kandungan air), sifat mekanik (uji kuat tekan dan uji kuat tarik) dan struktur (analisis gugus fungsi dan analisis kristalinitas).

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi kepada pembaca bahwa SB dapat dibuat komposit dengan penambahan EDCau (*Cyclea barbata*).
2. Menambah wawasan pembaca tentang karakteristik KSB-EDCau.
3. Dapat dijadikan sebagai sumber ide dan referensi untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

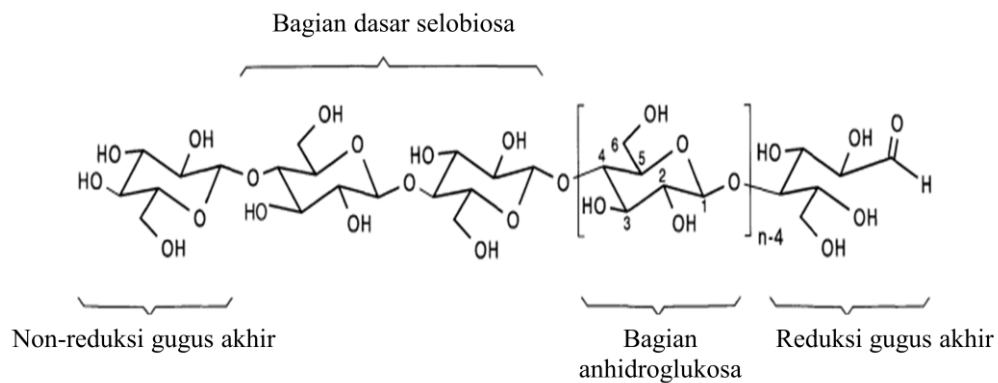
2.1 Selulosa

Selulosa merupakan polimer alami yang melimpah di alam. Selulosa dapat ditemukan pada tumbuh-tumbuhan seperti jerami padi, kulit jagung, gandum, tebu, alga dan tumbuhan lainnya. Selulosa merupakan homopolimer yang mempunyai struktur linear yang terdiri dari D-anhidroglukopiranososa yang dihubungkan oleh ikatan β -1,4-glikosidik. Struktur yang linier menyebabkan selulosa bersifat kristalin dan tidak mudah larut (Klemm, D., *et al*, 1998).

Di alam, biasanya selulosa berasosiasi dengan polisakarida lain seperti hemiselulosa atau lignin membentuk kerangka utama dinding sel tumbuhan. Selulosa yang berasosiasi dengan lignin sering disebut sebagai lignoselulosa. Selulosa, hemiselulosa dan lignin dihasilkan dari proses fotosintesis. Di dalam tumbuhan molekul selulosa tersusun dalam bentuk fibril yang terdiri atas beberapa molekul paralel yang dihubungkan oleh ikatan glikosidik sehingga sulit diuraikan. Unit berulang pada sintesis polimer ini terdiri dari dua molekul glukosa yang berikatan dimana salah satu molekulnya berotasi 180° terhadap molekul yang lain (Brown, JR., *et al.*, 1976).

Unit penyusun (*building block*) selulosa adalah selobiosa dimana di dalam molekul selulosa terdapat 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 selulosa dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Struktur kimia selulosa (Klemm, D., *et al*, 1998)

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 fibril yang terdiri dari beberapa molekul selulosa yang dihubungkan dengan ikatan glikosidik. Fibril ini membentuk struktur kristal yang dibungkus oleh lignin. Komposisi kimia dan struktur yang demikian membuat kebanyakan bahan yang mengandung selulosa bersifat kuat dan keras. Sifat kuat dan keras yang dimiliki oleh sebagian besar bahan berselulosa membuat bahan tersebut tahan terhadap peruraian secara enzimatik. Secara alamiah peruraian selulosa berlangsung sangat lambat.

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 (Brown, JR., *et al*, 1976).

2.2 Bakteri *Acetobacter xylinum*

Acetobacter xylinum (*A. xylinum*) atau *Gluconacetobacter xylinus* merupakan bakteri aerobik berbentuk basilus yaitu berbentuk batang yang pendek yang membentuk streptobasilus yaitu rantai pendek dengan satuan 6-8 sel. Bakteri autotrof dimana sumber nutriennya mengandung unsur C, H, O, N atau karbohidrat sebagai penyusun protoplasma, sumber energi untuk pertumbuhannya memerlukan cahaya, sumber karbon untuk pertumbuhannya membutuhkan CO₂. Bakteri berwarna transparan atau tidak berpigmen dan tergolong ke dalam jenis bakteri gram negatif, memiliki lebar 0,5-1 µm dan panjang 2-10 µm dengan permukaan dinding yang berlendir serta bersifat nonmotil.

Bakteri *A. xylinum* tidak membentuk endospora maupun pigmen. Pertumbuhan bakteri ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kandungan nutrisi, tingkat keasaman (pH), temperatur, dan udara atau oksigen. pH optimum dalam pertumbuhan bakteri *A. xylinum* adalah 4.3-5.5, tumbuh pada suhu 28-31⁰ C dan pada medium sederhana yang terdiri dari mineral penting seperti ammonia karbohidrat atau asetat (Malvianie, E, 2014).

Pada kultur sel yang masih muda, individu sel berada sendiri-sendiri dan transparan. Koloni yang sudah tua membentuk lapisan menyerupai gelatin yang kokoh menutupi sel koloninya. Pertumbuhan koloni pada medium cair setelah 48 jam inokulasi akan membentuk lapisan pelikel dan dapat dengan mudah diambil dengan jarum ose (Saxena, JM., *et al*, 1994).

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 matriks yang dikenal sebagai nata. Bakteri *A. xylinum* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Bakteri *A. xylinum* (Nainggolan, J, 2009)

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

Kerajaan	: <i>Bacteria</i>
Filum	: <i>Proteobacteria</i>
Kelas	: <i>Alpha Proteobacteria</i>
Ordo	: <i>Rhodospirillales</i>
Familia	: <i>Pseudomonadaceae</i>
Genus	: <i>Acetobacter</i>
Spesies	: <i>Acetobacter xylinum</i>

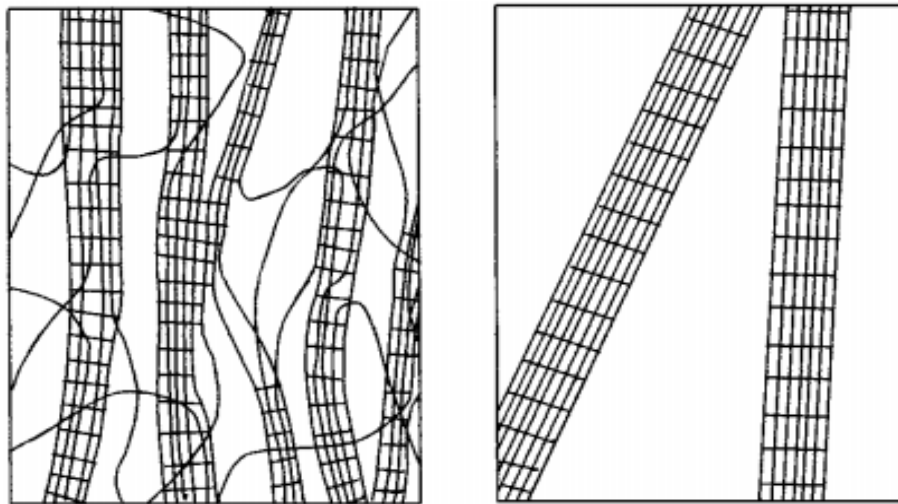
Bakteri pembentuk SB bila ditumbuhkan dalam medium yang mengandung gula, dapat mengubah gula menjadi selulosa. Selulosa yang terbentuk di dalam medium tersebut berupa benang-benang yang bersama-sama dengan polisakarida berlendir membentuk suatu jalinan seperti tekstil. Pada medium cair, bakteri ini membentuk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

Sintesis polisakarida oleh bakteri *A. xylinum* 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, S., *et al*, 1973).

2.3 Selulosa Bakterial

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

SB memiliki aktivitas permukaan yang tinggi karena terdiri atas serat-serat fibril yang lebih kecil, dan lebih seragam dibandingkan serat selulosa tanaman. SB lebih murni karena bebas dari lignin, pektin, dan hemiselulosa, memiliki derajat kristalinitas polimer dan derajat polimerisasi yang lebih tinggi sehingga SB merupakan material yang baik untuk matriks suatu komposit. Berikut dapat dilihat skema SB pada Gambar 2.3.



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

SB memiliki aktivitas permukaan yang tinggi karena terdiri atas serat-serat fibril, sehingga SB merupakan material yang baik untuk matriks suatu komposit. Modulus young SB dapat mencapai 16-18 GPa bahkan dapat ditingkatkan sampai 30 GPa dengan pemurnian lebih lanjut. Dengan demikian SB memenuhi kriteria sebagai matriks hidroksiapatit karena modulus young tulang manusia biasanya ada pada rentang 12–24 GPa (Windarti, T & Yayuk Astuti, 2006).

Menurut Doulabi, AH., *et al* (2014) tulang rawan adalah jaringan ikat yang melapisi ujung tulang yang memberikan gerak gesekan pada sendi diarthrodial. Sifat-sifat mekanik dari jaringan tulang rawan dapat dilihat pada table 2.1.

Tabel 2.1. Sifat-sifat mekanik jaringan tulang rawan (Doulabi, AH., *et al*, 2014)

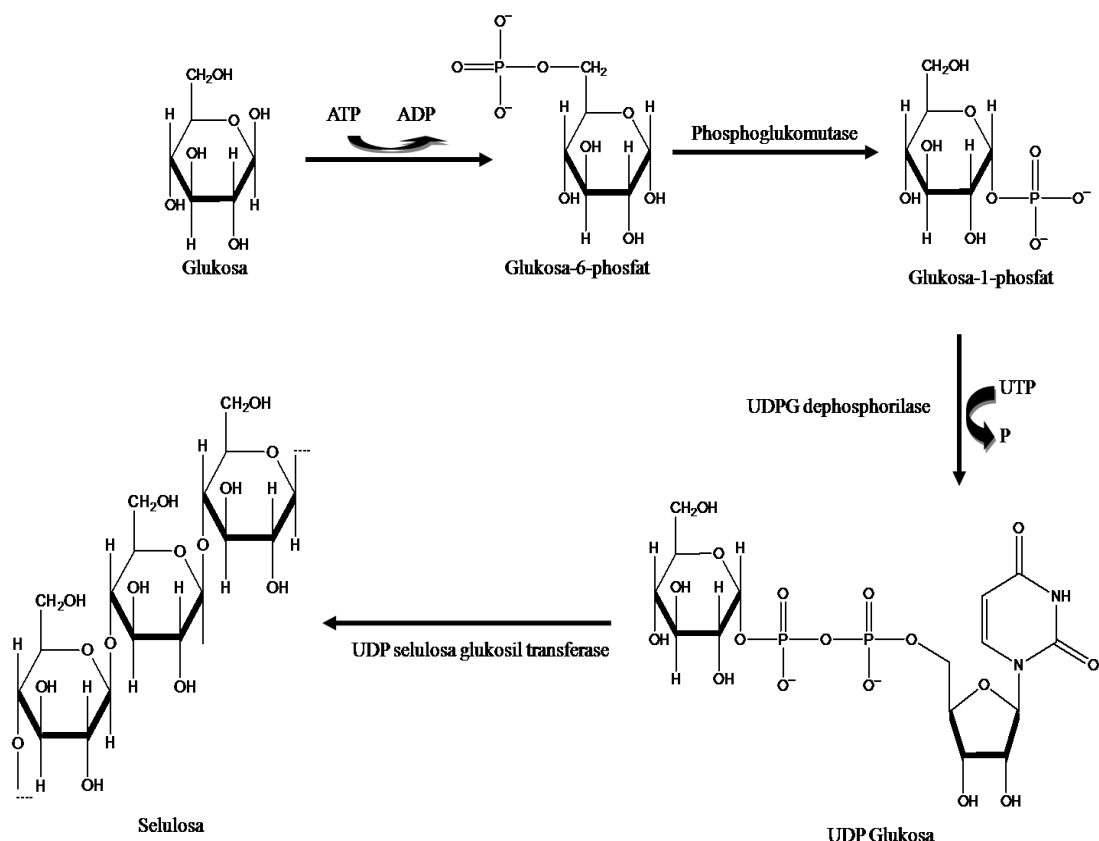
Sifat-Sifat Mekanik	Tulang Rawan
Modulus Tarik (10% ϵ)	5-25 MPa
Kesetimbangan Modulus Relaksasi	6.5-45 MPa
Elongasi	80%
Tegangan Tarik	15-35 MPa
Kesetimbangan Agregasi Modulus Tekan	0.1-2.0 MPa
Permeabilitas Hidrolik	$0.5-5.0 \times 10^{-15} \text{ m}^4 \text{ N}^{-1} \text{ s}^{-1}$
Kesetimbangan Modulus Young Tekanan	0.4-0.8 MPa
Kekuatan Tekan	14-59 MPa
Kesetimbangan Modulus Geser	0.05-0.25 Mpa

Menurut Brown, Jr (1983), porositas polimer SB memungkinkan untuk menjadi *template* bagi pembentukan komposit. SB mengandung 99,3% air yang terhidrat secara alami yang memungkinkan baik molekul besar maupun kecil untuk masuk ke dalam matriks tersebut. Polimer ini memiliki toksisitas yang rendah dan biokompatibel serta dapat dibentuk sesuai dengan bentuk dan ukuran yang diinginkan (Hutchens, SA., *et al*, 2004).

Pada pembentukan SB, mekanisme pembentukan atau biosintesis selulosa ini melibatkan berbagai jenis gen dan enzim yang berbeda-beda karakter dan fungsinya. Polisakarida bakteri yang dibentuk oleh enzim-enzim *A. xylinum* berasal dari suatu prekursor yang berkaitan $\beta(1-4)$ yang tersusun dari komponen gula yaitu glukosa, manosa, ribosa, dan ramnosa.

Prekursor dalam pembentukan SB oleh bakteri *A. xylinum* ialah UDPG (Urasil Difosfo Glukosa). Pembentukan SB oleh *A. xylinum* juga tidak lepas dari peran gula sebagai sumber nutrisi bagi bakteri. Gula pasir merupakan sukrosa yang bersumber dari tebu. Sukrosa dapat mengalami hidrolisis dan terpecah menjadi fruktosa dan glukosa. Hasil dari hidrolisis ini merupakan gula *invert*. Adanya enzim sukrase akan mengubah sukrosa menjadi fruktosa dan glukosa.

Mekanisme pembentukan selulosa oleh *A. xylinum* terlihat pada gambar berikut :



Gambar 2.4. Mekanisme pembentukan selulosa oleh *A. xylinum* (Setyaningtyas, N, 2014)

Dalam mekanisme pembentukan selulosa, glukosa yang dikonsumsi oleh bakteri *A. xylinum* diubah menjadi glukosa-6-fosfat. Perubahan ini terjadi karena glukosa tidak aktif sehingga diaktifkan oleh ATP menjadi glukosa-6-fosfat. Kemudian glukosa-6-fosfat diubah lagi menjadi bentuk yang lebih stabil yaitu glukosa-1-fosfat. Untuk membentuk polisakarida dibutuhkan energi yang lebih tinggi oleh karena itu, glukosa-1-fosfat diubah menjadi UDP-Glukosa dengan bantuan UTP. Dengan adanya enzim yang dapat mempolimerisasikan glukosa menjadi selulosa yang diproduksi oleh bakteri *A. xylinum* yaitu sintetase selulosa, UDP-Glukosa tersebut dipolimerisasi menjadi selulosa (Setyaningtyas, N, 2014).

2.4 Daun Cincau (*Cyclea barbata*)

Kata cincau berasal dari dialek *Hokkian sienchau (xiancao)* yang lazim dilafalkan dikalangan Tionghoa di Asia Tenggara. Arti dari cincau menurut bahasa asalnya adalah nama tumbuhan (*Mesona sp*) yang menjadi bahan utama pembuatan jeli untuk minuman atau sirup (Rochima, E., *et al*, 2010). Daun cincau mempunyai nama latin *Cyclea barbata* yang merupakan tanaman penghasil cincau, makanan yang telah banyak dikenal oleh masyarakat.

Makanan cincau banyak dijual dari mulai pedagang kaki lima hingga di restoran-restoran. Akan tetapi, mungkin masih sedikit orang yang mengenal betul daun cincau ini. Secara tradisional daun cincau hijau digunakan sebagai minuman penyegar yang berbentuk gel. Sebagian masyarakat Indonesia juga menggunakan daun cincau hijau sebagai obat panas dalam dan diare. Selain itu daun cincau mampu membunuh 4 jenis sel kanker yaitu kanker darah, kanker mulut rahim, kanker paru dan kanker payudara. Hal ini dikarenakan daun cincau mengandung

senyawa yang mempunyai aktifitas antioksidan yang mampu mematikan kanker (Farida, Y & Ivo Vanoria, 2014).



Gambar 2.5. Daun cincau (*Cyclea barbata*) (Karina, A, 2009)

Cincau diklasifikasikan sebagai berikut (Djam'an, Q, 2008) :

Divisi	:	<i>Spermatophyta</i>
Subdivisi	:	<i>Angiospermae</i>
Kelas	:	<i>Dicotyledonae</i>
Bangsa	:	<i>Ranales</i>
Suku	:	<i>Menispermae</i>
Marga	:	<i>Cyclea</i>
Jenis	:	<i>Cyclea barbata Miers</i>
Nama umum	:	Camcao di Jawa Tengah Cincau di Melayu

Secara umum kandungan daun cincau adalah serat, karbohidrat, lemak, protein dan senyawa-senyawa lainnya seperti pektin, polifenol 2,21%, flavonoid, alkaloid 0,98% (Katrin dan Atrika Bendra, 2015), klorofil serta mineral-mineral dan vitamin-vitamin, di antaranya kalsium, fosfor dan vitamin A serta vitamin B (Djam'an, Q, 2008). Komposisi kimia daun cincau per 100 gram bahan dapat dilihat pada table 2.2.

Tabel 2.2. Komposisi kimia daun cincau per 100 gram bahan (Kariza. DA, 2015)

Komposisi zat gizi	Jumlah
Kalori (kal)	122.0
Protein (gram)	6.0
Lemak (gram)	1.0
Hidrat arang (gram)	26.0
Kalsium (miligram)	100.0
Fosfor (miligram)	100.0
Besi (miligram)	3.3
Vitamin A (SI)	107.5
Vitamin B1 (miligram)	80.0
Vitamin C (gram)	17.0
Air (gram)	66.0
Bahan yang dapat dicerna (%)	40.0

Polifenol merupakan senyawa turunan fenol yang mempunyai aktivitas sebagai antioksidan. Antioksidan fenolik biasanya digunakan untuk mencegah kerusakan akibat reaksi oksidasi pada makanan, kosmetik dan farmasi serta plastik. Fungsi polifenol sebagai penangkap dan pengikat radikal bebas dari rusaknya ion-ion logam. Kelompok tersebut sangat mudah larut dalam air dan lemak serta dapat bereaksi dengan vitamin C dan vitamin E. Kelompok-kelompok senyawa fenolik terdiri dari asam-asam fenolat dan flavonoid.

Fenol merupakan zat antioksidan dari golongan antioksidasi pemutus rantai yang akan memotong perbanyakkan reaksi berantai sehingga akan mengendalikan dan mengurangi peroksidasi lipid manusia dimana peroksidasi lipid merupakan reaksi rantai dengan berbagai efek yang berpotensi merusak dan juga merupakan sumber radikal bebas (Djam'an, Q, 2008).

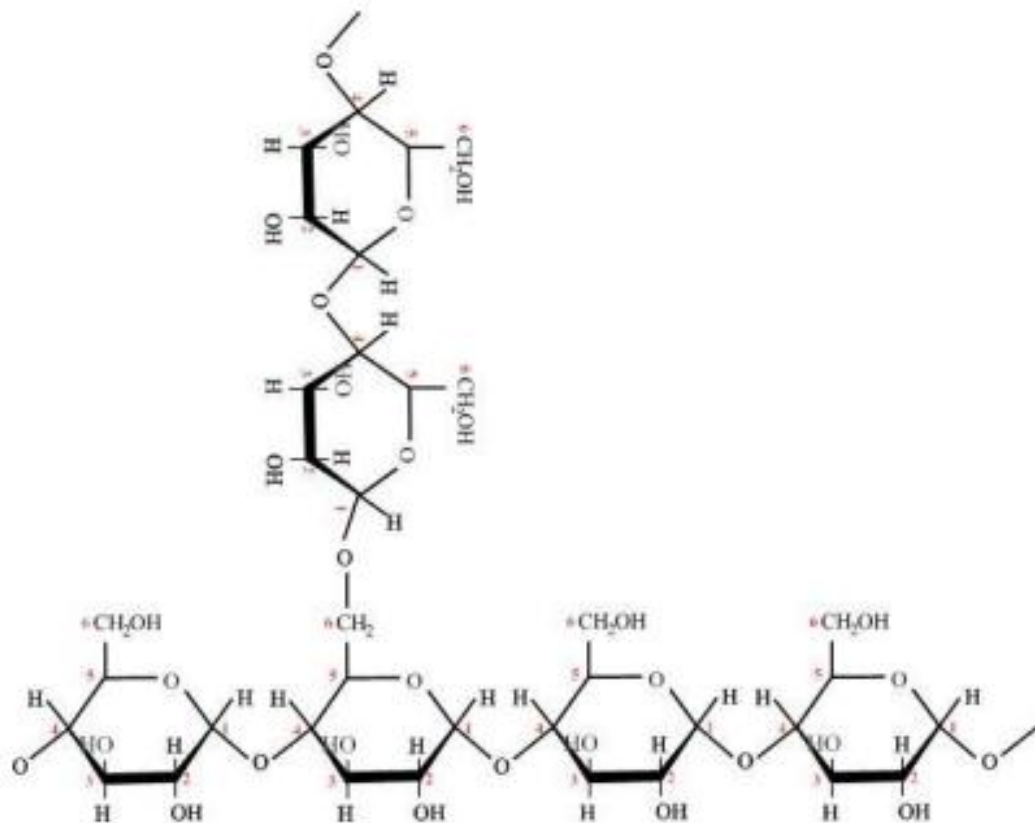
Senyawa flavonoid mempunyai ikatan gula yang disebut aglikon yang berikatan dengan berbagai gula dan sangat mudah terhidrolisis atau mudah lepas dari gugus gulanya. Flavonoid merupakan antioksidan yang potensial untuk mencegah pembentukan radikal bebas. Senyawa tersebut mempunyai sifat anti bakteri dan anti viral (Djam'an, Q, 2008).

Komponen utama EDCau yang membentuk gel adalah polisakarida pektin yang bermetoksi rendah (Artha, N, 2001). Pektin termasuk jenis serat pangan yang larut air dan mudah difermentasi oleh mikroflora usus besar. Karena kandungan utamanya adalah pektin, maka EDCau dapat dianggap sebagai sumber serat pangan yang baik. Pektin pada tanaman sebagian besar terdapat pada lamela tengah dinding sel. Pada dinding sel tanaman tersebut pektin berikatan dengan ion kalsium dan berfungsi untuk memperkuat struktur dinding sel (Nurdin, SU, 2008).

Pektin merupakan polimer dari asam D-galakturonat yang dihubungkan oleh ikatan β -1,4 glikosidik. Sebagian gugus karboksil pada polimer pektin mengalami esterifikasi dengan metil (metilasi) menjadi gugus metoksil. Polimer asam anhidrogalakturonat tersebut merupakan rantai lurus atau tidak bercabang. Struktur pektin memiliki kemiripan dengan struktur selulosa. Namun, perbedaannya adalah pektin memiliki gugus metil ester sedangkan selulosa tidak.

Senyawa ini disebut sebagai asam pektinat atau pektin. Struktur metoksil pektin dapat dilihat pada Gambar 2.6.

Pektin adalah substansi alami yang terdapat pada dinding sel tumbuhan. Dinding sel menentukan ukuran dan bentuk sel serta menyebabkan tingkat kekakuan jaringan tanaman. Pektin berfungsi sebagai elemen struktural pada proses pertumbuhan serta sebagai perekat dan penjaga stabilitas jaringan dan sel.



Gambar 2.6. Struktur metoksil pektin (Karina, A, 2009)

Pektin bersifat asam dan koloidnya bermuatan negatif karena adanya gugus karboksil bebas. Pektin dapat larut dalam air, alkali dan dalam asam oksalat tergantung pada kadar metoksil yang dikandungnya. Pektin mempunyai

kemampuan untuk membentuk gel jika di campur dalam larutan yang mempunyai tingkat keasaman dan kadar gula dalam perbandingan yang tepat (Rolin & De Vries, 1990).

Sifat pektin yang terdapat di dalam daun cincau inilah yang akan digunakan untuk bahan tambahan dan dimodifikasi terhadap SB untuk mendapatkan struktur yang diinginkan yang berguna dalam aplikasi biomedis.

2.5 Komposit

Komposit adalah kombinasi dari satu atau lebih material yang menghasilkan sifat lebih baik dari material penyusunnya. Komposit dihasilkan dari pencampuran dalam sejumlah fase yang terdiri dari bahan utama sebagai bahan pengikat dan bahan pendukung sebagai penguat. Bahan utama membentuk matriks sedangkan penguat ditanamkan di dalamnya. Bahan penguat dapat berbentuk serat, partikel, serpihan atau juga dapat berbentuk yang lain (Campbell, F, 2004). Untuk memperkuat struktur komposit dilakukan proses ikat silang dengan agen pengikat silang (*crosslinker*). Dengan adanya ikat silang (*crosslinker*) ikatan dalam polimer serta struktur dan sifat mekanik dari komposit akan menjadi lebih kuat.

Komposit dapat dibagi lima berdasarkan konstituennya yaitu komposit serat yang terdiri dari serat dengan matriks, komposit flake yang terdiri dari flake dengan matriks, komposit partikel yang terdiri dari partikel dengan matriks, komposit rangka (komposit terisi) yang terdiri dari matriks rangka selanjut yang terisi dengan bahan kedua, komposit laminat yang terdiri dari konstituen lapisan atau laminat (Ashby, MF & Jones, DR, 2005).

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

- Komposit Matriks Polimer (*Polymer Matrix Composites*) Komposit Matriks 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 matriksnya, dan suatu jenis serat seperti kaca, karbon dan aramid (Kevlar) sebagai penguatannya.
- Komposit Matriks Logam (*Metal Matrix Composites*)
Komposit Matriks Logam (*Metal Matrix Composites*) ditemukan berkembang pada industri otomotif, bahan ini menggunakan suatu logam seperti aluminium sebagai matriks dan penguatnya dengan serat silikon seperti karbida.
- Komposit Matriks Keramik (*Ceramic Matrix Composites*)
Komposit Matriks Keramik (*Ceramic Matrix Composites*) digunakan pada lingkungan bertemperatur sangat tinggi, bahan ini menggunakan keramik sebagai matriks dan diperkuat dengan serat pendek, atau serabut-serabut (*whiskers*) dimana terbuat dari *silicon carbide* atau *boron nitride* (Sugiarto, A, 2013).

Saska, S., *et al* (2011) melakukan penelitian tentang komposit yang berjudul *Nanocomposites Selulosa Bakterial-Hydroxyapatite* 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%.

Penelitian komposit juga dilakukan oleh Tampubolon, L, (2008) yaitu membuat material komposit selulosa-kitosan dalam medium air kelapa dengan penambahan pati dan kitosan dengan menggunakan bakteri *A. xylinum*. Hasil penelitian ini adalah memperoleh komposit yang memiliki morfologi permukaan yang halus dan merata dan menghasilkan uji tarik yang cukup bagus, dimana tegangan dan regangan maksimum sesuai dengan yang diharapkan, hal ini dikarenakan adanya penambahan pati dan penambahan kitosan yang telah disesuaikan pada komposit ini.

2.6 Karakterisasi KBS-EDCau

2.6.1 Sifat Fisik dari KBS-EDCau

Kandungan air (*Water Content*) merupakan salah satu analisa sifat fisik untuk menentukan jumlah air yang terkandung di dalam KSB-EDCau. Kandungan air sangat diperlukan untuk mengetahui sifat dan kualitas dari KSB-EDCau tersebut. Kandungan air dapat ditentukan melalui persamaan sebagai berikut :

$$\% KA = \frac{B_b - B_k}{B_b} \times 100\%$$

Dimana :

KA = Kandungan Air

B_b = Berat KSB-EDCau basah

B_k = Berat KSB-EDCau kering

2.6.2 Sifat Mekanik dari KSB-EDCau

2.6.2.1 Kuat Tekan (*Compressive Strength*)

Kuat tekan (*Compressive Strength*) adalah kemampuan KSB-EDCau untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan KSB-EDCau menunjukkan kualitas dari struktur KSB-EDCau. Semakin tinggi kekuatan dari KSB-EDCau saat diberi tekanan, maka semakin tinggi pula kualitas KSB-EDCau tersebut.

2.6.2.2 Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

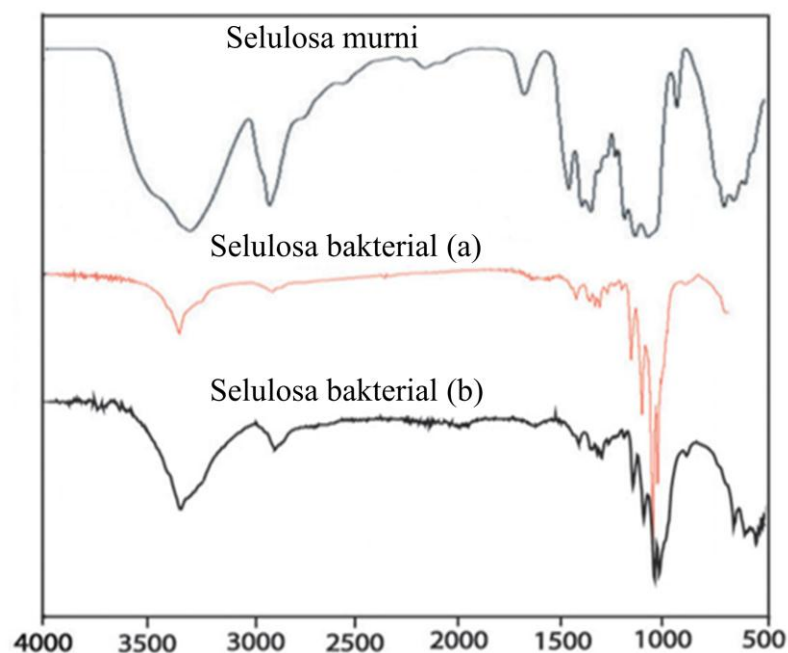
Kuat tarik (*Tensile Strength*) ialah kemampuan sejauh mana KSB-EDCau yang dihasilkan untuk dapat ditarik. Semakin panjang atau tinggi kekuatan tarik maka akan semakin bagus kualitas KSB-EDCau yang dihasilkan. Dari kuat tarik tersebut akan diperoleh elastisitas KSB-EDCau dengan diketahui pula perpanjangan (elongasi) dari KSB-EDCau tersebut. Dimana elastisitas yang diharapkan akan dibandingkan dengan elastisitas tulang rawan. Modulus young dari tulang rawan adalah 5-25 MPa.

2.6.3 Struktur dari KSB-EDCau

2.6.3.1 FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*)

FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*) berfungsi dalam penentuan gugus fungsi yang terdapat dalam KSB-EDCau 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, E, 2009).

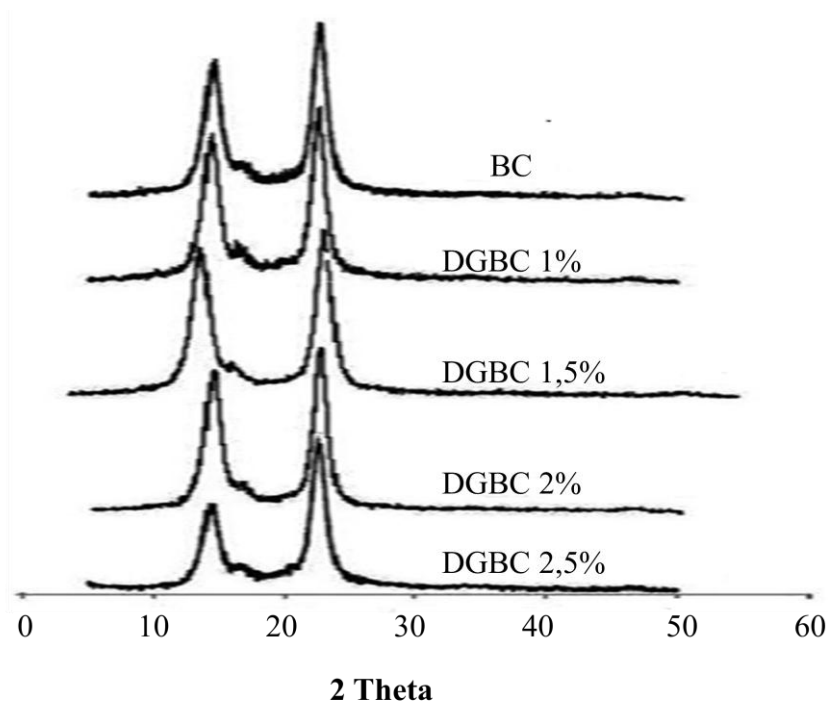


Gambar 2.7. Spektrum FTIR SB murni (Halib, N., *et al*, 2012)

2.6.3.2 XRD (*X-Ray Diffraction*)

Pengujian XRD digunakan KSB-EDCau yang telah dikeringkan. Difraksi sinar-X dapat memberikan informasi tentang struktur polimer, termasuk tentang keadaan amorf dan kristalin polimer. Polimer dapat mengandung daerah kristalin yang secara acak bercampur dengan daerah amorf. Difraktogram sinar-X polimer kristalin menghasilkan puncak-puncak yang tajam, sedangkan polimer amorf cenderung menghasilkan puncak yang melebar. Pola hamburan sinar-X

juga dapat memberikan informasi tentang konfigurasi rantai dalam kristalit, perkiraan ukuran kristalit, dan perbandingan daerah kristalin dengan daerah amorf (derajat kristalinitas) dalam sampel polimer (Rohaeti, E, 2009).



Gambar 2.8. Difraktogram SB (Karina, M., *et al*, 2012)

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 10^{17} – 10^{20} 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.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Waktu perendaman SB di dalam EDCau berpengaruh terhadap karakteristik KSB-EDCau dengan dan tanpa menggunakan sinar UV, yaitu :
 - Kandungan air yang semakin lama semakin menurun.
 - Kuat tekan yang semakin meningkat.
 - Kuat tarik yang semakin meningkat.
 - Hari optimum dalam pembentukan KSB-EDCau adalah pada hari ke 4.
2. Sinar UV berpengaruh terhadap karakteristik KSB-EDCau dengan dan tanpa menggunakan sinar UV, yaitu :
 - Kandungan air KSB-EDCau-UV lebih rendah dibandingkan KSB-EDCau-TUV.
 - Kuat tekan KSB-EDCau-UV lebih tinggi dibandingkan KSB-EDCau-TUV.
 - Kuat tarik KSB-EDCau-UV lebih tinggi dibandingkan KSB-EDCau-TUV.
 - Spektra FTIR menggunakan KSB-EDCau dengan dan tanpa menggunakan sinar UV hari ke 4 menunjukkan tidak adanya gugus fungsi baru pada KSB-EDCau dengan dan tanpa sinar UV.
 - Data derajat kristalinitas menggunakan KSB-EDCau dengan dan tanpa menggunakan sinar UV hari ke 4 menunjukkan bahwa penggunaan sinar

UV dapat menurunkan kristalinitas dan meningkatkan elastisitas dari KSB-EDCau yang telah dihasilkan.

5.2 Saran

Penelitian ini memerlukan kajian lebih lanjut, diantaranya :

1. Penelitian ini memerlukan *crosslinker* yaitu N-(3-dimetilaminopropil)-N'-etilkarbodiimida hidroklorida (EDC) yang digunakan sebagai agen pengikat silang untuk memperkuat ikatan antara *filler* dan matrik dalam pembentukan komposit.
2. Penelitian ini memerlukan kajian lebih lanjut mengenai karakterisasi morfologi permukaan menggunakan SEM untuk menentukan permukaan KSB-EDCau dengan dan tanpa menggunakan sinar UV.
3. Penelitian ini dapat dilakukan dengan mengganti bahan alam atau *filler* yang akan dikomposit dengan SB.

DAFTAR PUSTAKA

- Alba, S., et al. 1973. *Biochemical Engineering 2nd*. Accademy Press : New York.
- Artha, N. 2001. *Isolasi dan Karakterisasi Sifat Fungsional Komponen Pembentuk Gel Cincau Hijau (Cycle barbata L. miers)*. Disertasi. IPB Bogor.
- Ashby, M.F. & Jones, D.R. 2005. *Engineering Materials 1*. An Introduction to their Properties and Applications. Butterworth-Heinemann, UK.
- Brown, JR., et al. 1976. *Cellulose Biosynthesis in Acetobacterxylinum: Visualization of the site of Synthesis & Direct Measurement of the in vivo Process*. Proceedings of the National Academy of Sciences. Vol. 73 : 4565-4569.
- Brown, Jr. 1983. *Production of a Cellulosesynthetic Polymer Composite Fiber*, United States Patent.Vol 4 : 378,431.
- Campbell, F. C. 2004. *Manufacturing Processes For Advanced Composites*, St. Louis, Missouri.
- Castro, C., et al. 2011. *Structural Characterization of Bacterial Cellulose Produced Bygluconacetobacter Swingsii Sp.* From Colombbian Agroindustrial Wastes. Journal of Elsevier. Vol. 84. 96–102.
- Ciechańska, D. 2004. *Multifunctional Bacterial Cellulose/Chitosan Composite Material for Medical Applications*. Journal of Fibres & Textiles in Eastern Europe. Vol. 12. No. 4 : 48.
- Ciolacu, D., et al. 2010. *Amorphous Cellulose Structure and Characterization*. Institute Of Macromolecular Chemistry Iasi, Romania.
- Djam'an, Q. 2008. *Pengaruh Air Perasan Daun Cyclea Barbata Miers (Cincau Hijau) terhadap Konsentrasi HCl Lambung dan Gambaran Histopatologik Lambung Tikus Galur Wistar yang Diinduksi Acetylsalicylic Acid*. Tesis. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Doulabi, AH., et al. 2014. *Blends and Nanocomposite Biomaterials for Articular Cartilage Tissue Engineering*. Journal of Materials. Vol. 7 : 5327-5355.
- EPA. 1999. *Alternative Disinfectant and Oxidants Guidance Manual*. United States Environmental Protection Agency.
- Farida, Y & Ivo Vanoria. 2014. *Uji Aktivitas Antioksidan dari Ekstrak Daun Cincau Hijau (Cyclea barbata Miers), Cincau Hitam (Mesona palustris B.)*