

**PENGARUH PENAMBAHAN TEPUNG KANJI SEBAGAI
CROSSLINKER TERHADAP PERFORMA KOMPOSIT SELULOSA
BAKTERI EKSTRAK DAUN PUTRI MALU (*Mimosa Pudica*)**

Skripsi

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan
Gelar Sarjana Sains*



**Oleh :
HASANATUNISSA FYNDI RAHIM
17036077/2017**

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2021**

PERSETUJUAN SKRIPSI

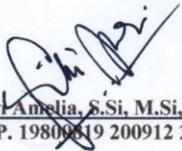
**PENGARUH PENAMBAHAN TEPUNG TAPIOKA SEBAGAI
CROSSLINKER TERHADAP PERFORMA KOMPOSIT SELULOSA
BAKTERI-EKSTRAK DAUN PUTRI MALU (*Mimosa pudica*)**

Nama : Hasanatunissa Fyndi Rahim
NIM : 17036077
Program Studi : Kimia (NK)
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2021

Mengetahui:
Ketua Jurusan

Disetujui oleh:
Dosen Pembimbing


Fitri Amelia, S.Si, M.Si, Ph.D
NIP. 19800819 200912 2 002


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

PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI

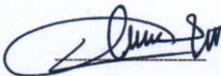
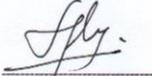
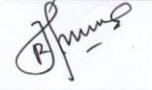
Nama : Hasanatunissa Fyndi Rahim
NIM : 17036077
Program Studi : Kimia (NK)
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**PENGARUH PENAMBAHAN TEPUNG TAPIOKA SEBAGAI
CROSSLINKER TERHADAP PERFORMA KOMPOSIT SELULOSA
BAKTERI-EKSTRAK DAUN PUTRI MALU (*Mimosa pudica*)**

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

Padang, Agustus 2021

Tim Penguji

Nama	Tanda tangan
Ketua : Ananda Putra, S.Si, M.Si, Ph.D	
Anggota : Dra. Sri Benti Etika, M.Si	
Anggota : Dra. Iryani, M.S	

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hasanatunissa Fyndi Rahim
NIM : 17036077
Tempat/Tanggal lahir : Padang/16 Oktober 1999
Program Studi : Kimia NK
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : **Pengaruh Penambahan Tepung Kanji sebagai Crosslinker Terhadap Performa Komposit Selulosa Bakteri-Ekstrak Daun Putri Malu (*Mimosa pudica*)**

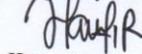
Dengan ini menyatakan bahwa:

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 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 2021

Yang menyatakan



Hasanatunissa Fyndi R.
NIM: 17036077

PENGARUH PENAMBAHAN TEPUNG KANJI SEBAGAI CROSSLINKER TERHADAP PERFORMA KOMPOSIT SELULOSA BAKTERI EKSTRAK DAUN PUTRI MALU (*Mimosa pudica*)

Hasanatumissa Fyndi Rahim

ABSTRAK

Selulosa Bakteri (SB) memiliki banyak pengaplikasian dalam kehidupan, salah satu contohnya yaitu dalam pembuatan kertas, plastic, dan industry makanan. Selain itu SB dapat dimanfaatkan dalam bidang medis yaitu sebagai bahan baku pembuatan tulang rawan. Rendahnya sifat yang dimiliki SB maka diperlukan suatu komposit dalam meningkatkan sifat SB agar dapat digunakan sebagai tulang rawan sintesis nantinya. Penelitian ini memiliki tujuan yaitu untuk melihat pengaruh variasi crosslinker (amilum) terhadap performa Komposit Selulosa Bakteri–Ekstrak Daun Putri Malu (KSB-EDPM) yang akan diaplikasikan dalam bidang biomedis nantinya terkhusus untuk pembuatan tulang rawan. Preparasi SB difermentasi selama lebih kurang 14 hari, kemudian SB yang terbentuk direndam selama 4 hari dalam EDPM dan dalam crosslinker selama 3 hari menggunakan sinar UV dan shaker. Karakteristik KSB-EDPM dilakukan berdasarkan uji sifat fisik, sifat mekanik dan struktur. Kandungan air yang terdapat pada SB yaitu sebesar 99,17%, KSB-EDPM 97,67 %, KSB-EDPM crosslinker 1% 94,18% , KSB-EDPM crosslinker 2% 92,78% dan KSB-EDPM crosslinker 3% 96,59%. KSB-EDPM dengan penambahan crosslinker 2% memiliki elastisitas, kuat tarik dan kuat tekan yang lebih baik dari pada SB dan KSB-EDPM. Uji derajat kristalinitas menggunakan instrument XRD menunjukkan bahwa KSB-EDPM C2% memiliki kristalinitas lebih tinggi dari pada SB dan KSB-EDPM.

Kata kunci : Selulosa Bakteri, Komposit, *Crosslinker*, Amilum, FTIR,XRD

**THE EFFECT OF ADDING STARCH AS A CROSSLINKER ON THE
PERFORMANCE OF CELLULOSE COMPOSITE BACTERIA EXTRACT OF
THE LEAF OF *Mimosa pudica***

Hasanatanissa Fyndi Rahim

ABSTRACT

Bacteria Cellulose has much application in life, like can be applied in the manufacture of paper, plastic, and industrial food. Bacteria Cellulose can be used in the field of medic as raw material manufacture of bone cartilage. Because the low nature is owned by it then required a composite to improve the properties of Bacteria Cellulose that are similar to the bone cartilage and can be used as bone cartilage synthetic. Research this has the purpose of which is to see the effect of variations crosslinker (starch) on the performance of composite Bacteria Cellulose-Extract Leaf Mimosa Pudica which will be applied in the biomedical later especially for the manufacture of bone cartilage. Preparation Bacteria Cellulose fermented for over approximately 14 days, then pure Bacteria Cellulose is formed immersed for 4 days in Extract Leaf Mimosa Pudica and crosslinker for 3 days using a ray of UV and shaker. Characteristics Composite test the physical, the mechanical, and structural. The water content contained in Bacteria Cellulose amounted to 99.17%, for composite bacteria cellulose is 97.67%, for composite bacteria cellulose with crosslinker 1% is 94.18%, composite with crosslinker 2% is 92.78% and for composite with crosslinker 3% is 96.59%. Composite bacteria cellulose with the addition crosslinker 2% has elasticity, tensile strength, and compressive strength much better than the BC and CBC-ELMP. Test the degree of crystallinity using the instrument XRD showed that the CBC-ELMP C2% have crystallinity higher than Bacteria Cellulose and Composite Bacteria Cellulose-Extract Leaf Mimosa Pudica.

Kata kunci : Selulosa Bakteri, Komposit, *Crosslinker*, Amilum, FTIR, XRD

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu, karna penyusunan skripsi ini tidak terlepas dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas bimbingan, petunjuk dan bantuan serta dorongan dari berbagai pihak baik bersifat moral maupun material kepada:

1. Kedua orang tua (mama dan papa) serta kedua adik yang saya cintai.
2. Bapak Ananda Putra S.Si, M.Si ,Ph.D sebagai Pembimbing Penelitian sekaligus Pembimbing Akademik.
3. Ibuk Dra. Iryani,M.S dan ibuk Dra. Sri Benti Etika,M.Si sebagai dosen pembahas penelitian.
4. Ibuk Fitri Amelia, S.Si, M.Si, Ph.D sebagai Ketua Jurusan Kimia.
5. Bapak Budi Oktavia S.Si., M.Si, Ph.D sebagai Ketua Program Studi Kimia.
6. Dosen dan tenaga pendidik Kimia FMIPA UNP.
7. Bapak dan ibuk staff Laboratorium Kimia FMIPA UNP dan Laboratorium Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah X.
8. Teman teman seperjuangan Kimia NK 2017 (tiha, ferdi, randu, yuda, fani,dll).
9. Serta masih banyak lagi pihak-pihak yang sangat berpengaruh dalam proses penyelesaian skripsi yang tidak bisa peneliti sebutkan satu persatu.

Padang, Agustus 2021

Penulis

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada saya. Shalawat dan salam tidak lupa kita kirimkan untuk nabi besar Muhammad SAW yang telah memberikan tauladan dalam setiap aktivitas yang kita jalani, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Penambahan Tepung Kanji sebagai *Crosslinker* Terhadap Performa Komposit Selulosa Bakteri-Ekstrak Daun Putri Malu (*Mimosa pudica*)”**. Skripsi ini diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan kelulusan dalam rangka memperoleh gelar sarjana pada program studi kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Semoga rahmat dan kasih sayang Allah SWT selalu tercurah pada kita semua serta usaha dan kerja kita bernilai ibadah di hadapan Allah SWT. Oleh karena itu, penulis mengharapkan masukan dan saran yang membangun dari semua pihak. Atas semua masukan dan saran yang diberikan penulis mengucapkan terima kasih.

Padang, Agustus 2021

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Rumusan Masalah	3
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Selulosa Bakteri (SB).....	5
B. Bakteri <i>A.xylinum</i>	8
C. Tanaman Putri Malu (<i>Mimosa Pudica</i>).....	10
D. Komposit	12
E. <i>Crosslinker</i>	13
F. Karakteristik Sifat KSB-EDPM.....	14
BAB III METODE PENELITIAN.....	17
A. Waktu dan Tempat Penelitian	17
B. Objek Penelitian	17
C. Variabel Penelitian	17
D. Alat dan Bahan	17
E. Prosedur Penelitian.....	18
F. Desain Penelitian.....	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
A. Preparasi dan Pemurnian Selulosa Bakteri	23

B. Ekstrak Daun Putri Malu (EDPM).....	24
C. Komposit Selulosa Bakteri-Ekstrak Daun Putri Malu (KSB-EDPM)	25
D. Perendaman KSB-EDPM dalam <i>Croslinker</i>	26
E. Karakteristik KSB-EDPM.....	26
BAB V PENUTUP.....	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN.....	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur selulosa (Siti, 2018).....	6
2. Reaksi pembentukan selulosa(Pardosi,2008).....	6
3. Bakteri <i>A. xylinum</i> (Nainggolan, 2009)	9
4. <i>Mimosa Pudica</i> (Putri Malu) (Sumiwi et al., 2013).....	11
5. Skema FTIR (King et al., 2012).....	16
6. Skema kerja instrumen XRD (Wardani, 2010)	16
7. Ilustrasi pembuatan SB	23
8. Hasil Fermentasi SB : (a) SB berhasil, (b) SB gagal (berjamur)	24
9. Grafik Kandungan Air dari Komposit dengan Variasi <i>Crosslinker</i>	26
10. Nilai kuat tarik, elastisitas dan strain dari komposit dengan variasi <i>crosslinker</i>	29
11. Ketebalan Akhir dari Komposit dengan variasi <i>Crosslinker</i>	31
12. Spektrum FTIR	32
13. Difaktogram XRD sampel.....	34

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Standar sifat fisik SB.....	7
2. Standar Tulang Rawan	8
3. Komposisi Kimia Tepung Tapioka	14
4. Vibrasi Bilangan Gelombang pada Masing-Masing Gugus Fungsi.....	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Preparasi SB	40
2. Pencucian dan Pemurnian SB	41
3. Pembuatan Ekstrak Daun Putri Malu	41
4. Preparasi KSB-EDPM.....	42
5. Perendaman KSB-EDPM dalam <i>Crosslinker</i>	42
6. Uji Sifat Fisik (<i>Water Content</i>).....	43
7. Uji Sifat Mekanik.....	43
8. Uji Struktur	44
9. Perhitungan Pembuatan Larutan NaOH 2%	45
10. Perhitungan Kandungan Air.....	45
11. Data dan Perhitungan Elastisitas	47
12. Dokumentasi Penelitian	48
13. Difaktogram XRD SB	50
14. Difaktogram XRD KSB-EDPM	50
15. Difaktogram XRD KSB-EDPM <i>Crosslinker</i> 2%.....	51
16. Data dan Perhitungan Persentase Derajat Kristalinitas	51
17. Spektrum FTIR SB.....	52
18. Spektrum FTIR KSB-EDPM	53
19. Spektrum FTIR KSB-EDPM <i>Crosslinker</i> 2%	54

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Hidrogel memiliki manfaat salah satunya yaitu dalam dunia sediaan farmasi yang berbentuk gel yang dioleskan pada permukaan kulit. Hidrogel dapat menciptakan kondisi yang lembab pada area luka sehingga timbul rasa dingin yang dapat mengurangi pembengkakan dikulit dekat luka sehingga proses penyembuhan pada luka cepat terjadi. (Hosea Jaya Edy, Marchaban, Subagus Wahyuono, 2016). Higrogel bersifat licin dan lembab, sama seperti sifat yang dimiliki oleh Selulosa Bakteri.

Selulosa merupakan salah satu contoh dari banyaknya biopolimer alam yang terdapat di bumi, bersifat hidrofilik dan biodegradabel. Sumber selulosa bisa dari tumbuhan dan bakteri (Yan et al., 2017). Selulosa pada tumbuhan memiliki sifat yang kurang murni dibanding dengan selulosa yang terdapat pada bakteri karena tingginya jumlah lignin dan hemi-selulosa pada selulosa tumbuhan (Goh et al., 2012).

Selulosa yang terdapat pada bakteri banyak dihasilkan oleh bakteri *Acetobacter xylinum*. Selulosa Bakteri (SB) terdiri dari satuan β -D-1,4 glukosa yang saling berikatan pada atom karbon pertama dan keempat yang disebut dengan ikatan β -glikosidik (Ifadah et al., 2016).

Selulosa Bakteri dalam bidang medis seperti farmasi dan prostetik diaplikasikan sebagai penutup luka sintesis, pemisahan membran, pembuluh

darah buatan, serta substrat untuk rekayasa pada jaringan tulang rawan(Putra et al., 2008).

Selulosa Bakteri juga memberikan perawatan untuk para penderita penyakit ginjal, substitusi sementara dalam penanganan luka bakar, dan sebagai benang jahit dalam pembedahan yang diimplantkan pada tubuh manusia(Hoenich, 2006).Selain diaplikasikan dalam bidang medis, selulosa bakteri juga dapat diaplikasikan ke dalam penyerapan minyak, fuel cell,dan industri katalis(Shao et al., 2017), industri makanan, kertas fungsional, biomaterial berstruktur nano(Revin et al., 2018), dan industri kosmetik(Chawla et al., 2009).

Rendahnya sifat modulus tekan yang dimiliki SB, maka pada saat jari menekan SB air yang terkandung pada SB mudah keluar, selain itu SB tidak dapat kembali kebentuk semula. Sifat elastisitas dari SB ini bisa naik dengan menambahkan bahan lain yang memiliki bentuk berbeda dari selulosa bakteri, komposisi kimia berbeda dan tidak saling melarutkan ke dalam SB sehingga terbentuk material baru yang disebut komposit. (Maryanti et al., 2011). Komposit yang dibuat pada penelitian ini berasal dari SB dan Ekstraks Daun Putri Malu(EDPM).

Tanaman putri malu mempunyai senyawa bioaktif yang berperan sebagai antioksidan, yaitu flavonoid, fenol dan tanin. Flavonoid merupakan senyawa yang memiliki anti inflamasi, anti virus dan anti sifat jamur (Aufina et al., 2019). Hasil uji fitokimia pada ekstrak daun putri malu menunjukkan bahwa tanaman putri malu positif mengandung senyawa flavonoid sebesar 0,08%; senyawa tanin sebesar 0,57%; dan senyawa asam galat sebesar 0,35%(Jannah et al., 2018). Agar komposit dari selulosa bakteri memiliki efektifitas yang baik dalam

pengaplikasiannya maka dicampurkan dengan suatu perekat yang disebut *crosslinker*.

Crosslinker merupakan senyawa-senyawa yang dapat menarik gugus fungsional tertentu pada molekul lain dan membentuk ikatan silang. Ikatan silang yang terbentuk berupa ikatan kovalen atau ikatan ion. *Crosslinker* yang biasa digunakan merupakan senyawa yang banyak mengandung gugus –OH atau –NH₂.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka peneliti tertarik melakukan penelitian yang berjudul “**Pengaruh penambahan tepung kanji sebagai *crosslinker* terhadap performa Komposit Selulosa Bakteri-Ekstrak Daun Putri Malu (*Mimosa pudica*)**”.

B. Identifikasi Masalah

1. Komposit Selulosa Bakteri-Ekstrak Daun Putri Malu (KSB-EDPM) belum memenuhi standar dalam aplikasi biomedis terutama untuk tulang rawan.
2. Banyaknya variasi *Crosslinker* yang belum memenuhi standar dalam biomedis tulang rawan.

C. Batasan Masalah

1. Variasi *crosslinker* yang akan digunakan yaitu 1%, 2% dan 3%.
2. Karakteristik KSB-EDPM meliputi sifat fisik (kandungan air), sifat mekanik (uji kuat tarik dan kuat tekan) dan struktur (analisa gugus fungsi dan derajat kristalinitas).

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan diatas, maka penulis merumuskan suatu permasalahan yaitu, bagaimana pengaruh penambahan *crosslinker* (amilum) yang

telah divariasikan terhadap sifat fisik, sifat mekanik, dan struktur dari KSB-EDPM?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan daripada penelitian ini adalah untuk menentukan pengaruh penambahan *crosslinker* yang divariasikan terhadap :

1. sifat fisik KSB-EDPM
2. sifat mekanik KSB-EDPM
3. struktur KSB-EDPM.

F. Manfaat Penelitian

1. Menginformasikan kepada pembaca bahwa KSB-EPDM dengan penambahan *Crosslinker* (amilum) dapat digunakan sebagai material baru dalam aplikasi biomedis, terutama sebagai pengganti tulang rawan.
2. Menambah wawasan pembaca seputar karakteristik KSB-EDPM.
3. Dijadikan sebagai sumber ide dan referensi untuk penelitian mendatang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Selulosa Bakteri (SB)

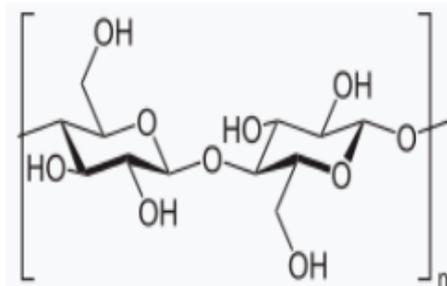
Selulosa merupakan bagian dari biopolimer alam yang bersifat hidrofilik dan biodegradabel (Pandey et al., 2014). Selulosa merupakan senyawa homopolisakarida tidak bercabang yang terdiri atas ikatan β -1,4-glikosida yang berhubungan dengan 10.000-15.000 unit glukosa. Ikatan hidrogen yang terbentuk karena kecenderungan kuat dari ikatan β -1,4-glikosidik. Selulosa berupa serat lurus, memanjang, susah atau tidak larut di dalam air, dan mudah dilihat pada dinding sel tumbuhan (Lehninger, 2013).

Molekul selulosa tersusun sehingga menjadi fibril. Pada tumbuhan, fibril-fibril menyatu sehingga membentuk struktur kristal, dimana terdapat lignin yang membungkus struktur kristal ini. Mikro fibril merupakan kumpulan dari beberapa fibril. Mikro fibril yang dikandung oleh banyak ikatan hidrogen mempunyai sifat sangat kuat dan disebut bagian kristal, sedangkan bagian mikro fibril yang tidak mengandung ikatan hidrogen merupakan bagian amorf.

Rumus empiris selulosa yaitu $(C_6H_{10}O_5)_n$ dengan n merupakan derajat polimerisasi selulosa (Esa et al., 2014). Sumber paling besar penghasil selulosa terdapat pada tumbuhan, selain tumbuhan bakteri merupakan sumber alternatif lain yang menghasilkan selulosa. Selulosa yang dihasilkan bakteri pun lebih murni dibandingkan selulosa tumbuhan.

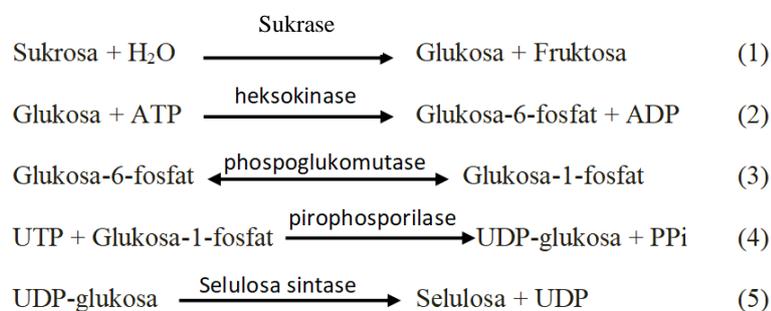
Menurut penelitian yang dilakukan oleh Suryantoro, (2017) yaitu selulosa yang asalnya dari bakteri (selulosa bakteri) mempunyai tingkat kemurnian yang

lebih tinggi dan proses pemurnian pun lebih mudah. SB juga memiliki kerapatan 300-900 kg/m³, kuat tarik yang tinggi, elastis, struktur jaringan pun terdiri atas nanofibril dengan diameter 3-8 nm (Rohaeti et al., 2016).



Gambar 1. Struktur selulosa (Siti, 2018)

Selulosa Bakteri yang disintesis bakteri *Acetobacter xylinum* berupa biopolimer yang menjanjikan karena tingkat polimerisasinya yang tinggi. Kemurnian SB ini disebabkan oleh lignin, pektin, dan hemiselulosa tidak terkandung dalam selulosa bakteri (Pandey et al., 2014).



Gambar 2. Reaksi pembentukan selulosa bakteri (Pardosi, 2008)

Selulosa Bakteri dihasilkan melalui proses fermentasi dengan bantuan bakteri *A. xylinum*. Gula akan di pecah oleh bakteri *A. xylinum* menjadi glukosa dan fruktosa. Setelah dipecah, glukosa diubah menjadi glukosa-6-posfat. Perubahan terjadi disebabkan oleh glukosa yang tidak aktif, sehingga ATP mengaktifkannya hingga terbentuk glukosa-6-posfat. Glukosa-6-posfat diubah menjadi glukosa-1-posfat karna punya struktur yang lebih stabil. Polisakarida dibentuk dengan

bantuan energi yang lebih tinggi, sehingga glukosa-1-posfat diganti menjadi UDP-Glukosa dengan bantuan UTP. UDP-Glukosa dipolimerisasi menjadi selulosa yang dibantu oleh enzim *glukosil transferase*.

Karakteristik yang dimiliki SB lebih baik dari pada selulosa yang terdapat pada tumbuhan. Karakteristik tersebut yaitu kemurniannya yang tinggi (> 98%), memiliki sifat mekanik yang kuat, kristalinitas tinggi (>60%), derajat polimerisasi tinggi (~10.000) (Qin et al., 2015).

SB punya struktur kimia yang mirip dengan selulosa pada tumbuhan, akan tetapi SB memiliki serat yang lebih bagus dari selulosa pada tumbuhan. Setiap serat tunggal dari SB memiliki diameter 50 nm. Mikromorfologi yang dimiliki selulosa bakteri berupa struktur 3 dimensi yang mempunyai sifat unik, seperti kualitas penyerapannya yang tinggi, permukaan yang luas, kapasitas air yang tinggi, kekuatan mekanik yang tinggi dan biokompatibilitas (Putra et al., 2008). Sifat unik pada SB digunakan dalam beberapa aplikasi seperti fuel cells, industri katalis (Shao et al., 2017), industri makanan, kertas fungsional, biomaterial berstruktur nano, biokomposit (Revin et al., 2018), dan industri kosmetik (Chawla et al., 2009). Standar SB dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Standar sifat fisik SB

Standar	Mpa
<i>Tensile Strength</i>	2,9
<i>Compressive Strength</i>	0,007
<i>Water Content</i>	90 %
Elastisitas	0,4-0,9

(Nakayama et al., 2004)

Pengaplikasian SB di bidang medis dan farmasi, seperti aplikasi palsu berupa pemisahan membran, pembuluh darah sintetis, serta pengganti jaringan lunak yang terdapat pada tubuh, yaitu tulang rawan (Putra et al., 2008). Selain itu, SB juga dapat memberikan pengobatan pada penderita ginjal, sebagai substitusi sementara pada pengobatan luka bakar, dan bisa dimasukkan dalam badan manusia sebagai benang jahit dalam pembedahan (Hoenich, 2006).

Rendahnya sifat elastisitas dari SB, dapat mempengaruhi pemanfaatan SB dalam bidang biomedis. Melakukan penggabungan SB dengan bahan alam yang lain sehingga meningkatkan karakteristik dari SB dan SB pun bisa dijadikan sebagai Alternatif pengganti tulang rawan di dunia biomedis. Penggabungan material ini disebut dengan biokomposit. Berikut adalah tabel standar dari tulang rawan, yaitu :

Tabel 2. Standar Tulang Rawan

Sifat Mekanik	Tulang Rawan
<i>Tensile Modulus (at 10% ε)</i>	5-25 Mpa
<i>Equilibrium Relaxation Modulus</i>	6,5-45 Mpa
<i>Elongation to Break</i>	80%
<i>Ultimate Tensile Stress</i>	15-35 Mpa
<i>Equilibrium Compressive Aggregate Modulus</i>	0,1-2,0 Mpa
<i>Hydraulic Permeability</i>	$0,5-5,0 \times 10^{-15} \text{ m}^4 \text{ N}^{-1} \text{ S}^{-1}$
<i>Compressive Strength</i>	14-59 Mpa

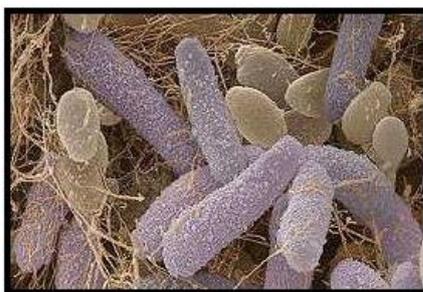
(Doulabi et al., 2014)

B. Bakteri *A. xylinum*

A.xylinum yaitu bakteri gram negatif berbentuk elips atau tongkat melengkung. *Acetobacter xylinum* merupakan salah satu bakteri yang dapat

menghasilkan selulosa dengan bantuan oksigen, nitrogen, glukosa dan suasana asam dalam metabolismenya. SB yang dihasilkan berupa serat pada permukaan kultur cair (Bilgi et al., 2016).

Polimerisasi glukosa seperti rantai atau polimer panjang dapat dilakukan oleh bakteri *A.xylinum*. Hasil dari polimerisasi ini disebut sebagai polisakarida atau umumnya orang – orang menyebutnya selulosa yang terbentuk secara bertahap selama proses fermentasi (2 minggu) dan merupakan hasil dari metabolit sekunder. Sedangkan energi yang dihasilkan pada metabolit primer oleh bakteri *acetobacter*, digunakan kembali dalam siklus metabolismenya. (Sihombing, 2019)



Gambar 3. Bakteri *A. xylinum* (Nainggolan, 2009)

Acetobacter memiliki banyak pengaplikasian dalam bidang industri. Bakteri ini terdapat pada gula tebu, buah nenas dan bunga. Suhu 30°C dan rentang pH 4,0-5,4 merupakan kondisi terbaik untuk bakteri ini. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dari bakteri ini adalah sumber karbon, nitrogen, tingkat keasaman pada media kultur, temperatur, dan udara. Oksigen diperlukan karena bakteri bersifat aerob. Sumber karbon yang paling banyak digunakan biasanya berasal dari gula (sukrosa). Sumber nitrogen biasanya bisa berasal dari urea.

Acetobacter bisa tumbuh dalam kisaran pH 3,5-7,5 tetapi akan lebih optimal tumbuhnya pada pH 4. Ketika melakukan fermentasi, oksigen dibutuhkan oleh

bakteri *A. xylinum* untuk tetap hidup, sehingga wadah yang digunakan untuk fermentasi harus dengan kertas agar oksigen dapat masuk. Menjaga kesterilan dalam pembuatan selulosa harus diperhatikan agar tidak terjadi kerusakan pada komposit selulosa karena terkontaminasi oleh bakteri lain. NaOH 2% digunakan untuk memurnikan selulosa yang dihasilkan supaya komponen-komponen non-selulosa dan sisa bakteri menghilang. Adanya komponen-komponen non-selulosa pada SB, ikatan hidrogen antar rantai molekul selulosa dapat terganggu (Lindu, 2010)

Polisakarida bakteri yang ada terbentuk oleh enzim – enzim *A. xylinum* berasal dari salah satu prekursor yang berikatan β (1-4) yang komponennya berupa gula yaitu glukosa, manosa, ribose, dan rhamnosa. Prekursor yang terlibat pada pembentukan selulosa bakteri *A. xylinum* adalah UDPG (Urasil Glukosa Diphosphorus).

Terbentuknya selulosa dengan bantuan bakteri *A. xylinum*, diawali dengan pemecahan pada sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa. Gula dan air kelapa yang mengandung glukosa bergabung dengan asam lemak membentuk precursor. Setelah itu precursor dieksresi dan dengan bantuan enzim prekursor dapat merubah glukosa menjadi selulosa dengan cara dipolimerisasikan (Pardosi, 2008).

C. Tanaman Putri Malu (*Mimosa Pudica L.*)

Mimosa pudica merupakan tumbuhan yang dianggap sebagai tumbuhan hama, harus dibasmi serta dibuang. Tumbuhan ini dapat digunakan sebagai obat demam bagi masyarakat di pedesaan. Pada bagian akar, buah, bunga dan batangnya bagian tanaman banyak digunakan dalam pengobatan berbagai penyakit (Almalki, 2016).

Tanaman putri malu tumbuh hingga tinggi 1,5m (5 kaki), bentuk daunnya majemuk bipinnately, dimana terdapat satu atau dua pasang pinnae dan 10-26 selebaran per pinna. Tangkai daunnya yang berduri dan pada kelopak kuntum di bagian atasnya berwarna merah(Kaur et al., 2011).



Gambar 4. *Mimosa Pudica* (Putri Malu) (Sumiwi et al., 2013)

Tumbuhan putri malu memiliki banyak manfaat dalam bidang kesehatan, yaitu dapat mengobati diare, penyembuh luka (Lubna Azmi, 2011) obat insomnia, mengobati penyakit yang terdapat disaluran pengeluaran urin, hoarseness (adanya suara parau pada saat bernafas), konvulsi pada anak-anak dan juga sebagai antispasmodik serta obat tradisional lainnya (Padua, 1999).

Tanaman putri malu mempunyai senyawa bioaktif yang berperan sebagai antioksidan, yaitu flavonoid, fenol dan tanin. Flavonoid merupakan senyawa yang memiliki anti inflamasi, anti virus dan anti sifat jamur (Aufina et al., 2019). Hasil uji fitokimia pada ekstrak daun putri malu menunjukkan bahwa tanaman putri malu positif mengandung senyawa flavonoid sebesar 0,08%; senyawa tanin sebesar 0,57%; dan senyawa asam galat sebesar 0,35%(Jannah et al., 2018). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Patro et al., (2016), putri malu mempunyai potensi antioksidan sebesar IC₅₀ 46,06mg/mL yang merupakan kategori antioksidan kuat. Pada batang dan akar *M. pudica* mengandung senyawa mimosin, asam piperkolinat, tannin, alkaloid, dan saponin. Selain itu, juga terdapat

triterpenoid, sterol, polifenol dan flavonoid. Mimosin dan tannin merupakan kandungan bahan kimia yang memiliki efek antihelminetik (racun bagi cacing dalam tubuh manusia) (Syahid, 2009).

Penggunaan ekstrak daun putri malu dalam penelitian ini yaitu sebagai komposit (tumbuhan herbal) bagi selulosa bakteri agar didapatkan SB yang sesuai sifatnya dengan tulang rawan. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Aufina et al., (2019) diketahui bahwa adanya proses absorpsi selama perendaman selulosa bakteri dalam ekstrak daun putri malu karena komponen ekstrak daun putri malu bertindak sebagai filler yang diserap ke permukaan matriks dan menggantikan air di dalam matriks.

D. Komposit

Komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih material yang tidak sama bentuknya, komposisi kimia dan tidak melarutkan antara materialnya sehingga membentuk material baru. Material penyusun komposit biasanya terdiri dari dua zat yaitu matriks dan penguat (*filler*) (Maryanti et al., 2011). Matriks merupakan bahan utama pembentuk komposit, dimana komposisi matriks lebih banyak daripada komposisi yang lain. Matriks dapat berupa logam, bahan keramik, atau bahan-bahan polimer. Penguat (*filler*) merupakan komponen yang dimasukkan ke dalam matriks dan akan menyebabkan perubahan pada sifat matriks.

Matriks merupakan konstituen utama yang memberi bentuk pada komposit. Komposit dibuat untuk memperbaiki sifat mekanis, termal, kimia, dan biologi dari suatu material yang tidak digabungkan dengan material lain. Ikatan antara matriks dan *filler* akan mempengaruhi sifat komposit. Apabila kekuatannya tidak kuat, maka *filler* tidak bersifat penguat tetapi hanya sebagai pengotor. Sehingga

komposit tidak akan terbentuk. Komposit dipengaruhi oleh jenis *filler* dan arahnya menyebar dalam matriks (Jalal, 2005).

E. Crosslinker

Crosslinking merupakan metode yang digunakan untuk mengganbungkan dua atau lebih molekul. *Crosslink* adalah ikatan yang menghubungkan satu rantai polimer dengan rantai polimer lainnya, sehingga terbentuk rantai yang panjang dengan ikatan kovalen. Ketika rantai polimer terikat bersama oleh *crosslink*, maka rantai polimer akan kehilangan kemampuan untuk bergerak secara individual. Namun, rantai polimer baru akan bergerak bersama sehingga memiliki kekuatan yang lebih besar (Maitra & Kumar Shukla, 2014).

Crosslinker merupakan molekul yang mengandung dua gugus aktif atau lebih yang mampu menarik gugus fungsional tertentu pada molekul lain dan membentuk ikatan silang. Ikatan silang ini dapat berupa ikatan kovalen atau ikatan ion. *Crosslinker* yang biasa digunakan yaitu suatu senyawa yang banyak mengandung gugus $-OH$ atau $-NH_2$. *Crosslinker* bisa dari bahan alam dan bahan sintetis. Bahan sintetis contohnya EDC dan glutaraldehid. Pada penelitian ini *crosslinker* yang akan digunakan yaitu dari bahan alam, karena tidak membutuhkan biaya yang mahal dan juga mudah didapatkan. *Crosslinker* yang digunakan yaitu tepung tapioca karna mengandung pati dan protein yang memiliki gugus aktif sehingga dapat mengikat material (Cimpia, 2019).

Tepung tapioka yaitu tepung yang asalnya dari umbi ketela pohon. Komposisi kimia tepung tapioka dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Komposisi Kimia Tepung Tapioka (Juanda, 2009)

Komposisi	Jumlah
Serat (%)	0,5
Air (%)	15
Karbohidrat (%)	85
Protein (%)	0,5-0,7
Lemak (%)	0,2
Energy (kalori/100 gram)	307

F. Karakteristik Sifat Komposit Selulosa Bakteri - Ekstrak Daun Putri

Malu (KSB-EDPM)

1. *Water Content* (Kandungan Air)

Penentuan kandungan air bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak kandungan air yang ada pada suatu sampel. Kandungan air adalah perbandingan jumlah total air yang terdapat pada sampel dengan berat sampel yang kering. Kuatnya ikatan komposit dan pori yang kecil menyebabkan jumlah air didalamnya menjadi rendah (fadilah,2015). Kandungan air dapat ditentukan melalui persamaan berikut:

$$\text{Kandungan Air} = \frac{\text{Berat Basah}}{\text{Berat basah}-\text{berat kering}} 100\% \dots\dots\dots(1)$$

2. *Compressive Strength* (Kuat Tekan)

Kuat tekan adalah kemampuan suatu material untuk menerima beban atau gaya tekan persatuan luas. Semakin besar kekuatan sampel yang diinginkan, maka semakin besar pula mutu sampel yang dihasilkan. Uji kuat tekan adalah pengukuran gaya tekan maksimum yang bisa ditahan oleh material selama pengukuran terjadi(Cimpia, 2019).Kuat tekan sampel dapat ditentukan melalui persamaan berikut:

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{\text{Gaya Tekan}}{\text{Luas Penampang}} \dots\dots\dots(2)$$

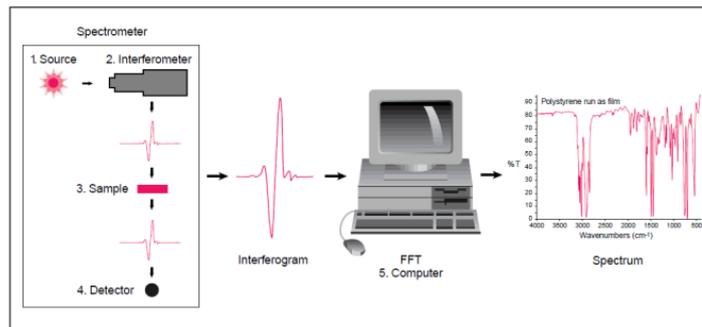
3. *Tensile Strength* (Kuat Tarik)

Kuat Tarik (*Tensile Strength*) merupakan suatu sifat mekanik dalam pengukuran kekuatan KSB-EDPM yang dihasilkan. Kuat tarik merupakan gaya tarik maksimum yang bisa ditahan oleh KSB selama pengukuran berlangsung sampai terputus. Semakin tinggi kekuatan tariknya, maka semakin bagus kualitas dari KSB yang dihasilkan (Cimpia, 2019).

4. *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR)

FTIR yaitu kesatuan dari spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan proses *fourier transform*. Karakterisasi FTIR dilakukan dalam menentukan jenis ikatan yang terdapat pada sampel. Metode spektroskopi FTIR dapat digunakan untuk identifikasi senyawa, terkhusus senyawa organik dengan melihat puncak-puncak yang menunjukkan jenis gugus fungsional yang dimiliki oleh senyawa. Spektroskopi Inframerah didasari oleh vibrasi dari atom pada molekul dimana setiap atom memiliki frekuensi vibrasi yang berbeda tergantung pada jenis ikatannya. Jika sinar Inframerah dipancarkan ke sampel, maka setiap ikatan hanya akan mengabsorpsi energi yang bersesuaian dengan frekuensi vibrasi ikatan tersebut (Hidayu & Muda, 2016).

Pengukuran dengan FTIR bergantung pada kemurnian sampel karena jika sampel mengandung pengotor (senyawa lain) maka puncak spektrum yang dihasilkan akan melebar yang disebabkan oleh gugus fungsi-gugus fungsi lain yang masih terkandung dalam beberapa senyawa tersebut



Gambar 5. Skema FTIR (King et al., 2012)

5. X-Ray Diffraction (XRD)

XRD yaitu suatu alat analisis tersusun atas tiga bagian utama yaitu tabung sinar-X, tempat objek yang diteliti, dan detektor sinar-X. Prinsip kerja XRD secara umum yaitu tabung sinar-X yang mengandung katoda menghasilkan sinar-X untuk memanaskan filamen hingga dihasilkan elektron. Ketika electron memiliki energi yang tinggi dan menabrak elektron dalam objek maka akan dipancarkan sinar-X. Objek dan detektor berputar untuk menangkap dan merekam intensitas refleksi sinar-X. Detektor akan merekam dan memproses sinyal sinar-X dan mengolahnya dalam bentuk grafik (Wardani, 2010).



Gambar 6. Skema kerja instrumen XRD (Wardani, 2010)

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

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

1. Penambahan *crosslinker* pada KSB-EDPM dapat menurunkan persentase kandungan air dari KSB-EDPM dari 98 % menjadi 97 %.
2. Variasi *crosslinker* (berupa amilum) yang dapat meningkatkan nilai kuat tarik dan elastisitas KSB-EDPM yaitu 2%.
3. Penambahan *crosslinker* ini tidak menambah atau menimbulkan adanya gugus fungsi baru dari KSB-EDPMC dan sifat kristanilitas yang dimiliki KSB-EDPMC lebih tinggi dari pada KSB-EDPM dan SB yaitu sebesar 94,71%.

B. Saran

Penelitian ini sebaiknya menggunakan instrumentasi SEM untuk melihat permukaan dari KSB-EDPM.

DAFTAR PUSTAKA

- Almalki, M. A. (2016). In-Vitro Antioxidant Properties of the Leaf Extract of *Mimosa pudica* Linn. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(13), 2–6. <https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i13/84144>
- Aufina, A., Amran, A., Yuniarti, E., & Putra, A. (2019). Preparation and Characterization of Composite Bacterial Cellulose - *Mimosa pudica* Leaf Extract. *International Journal of Progressives Sciences and Technologies*, 15(2), 304–312. <http://ijpsat.ijsh-t-journals.org/index.php/ijpsat/article/view/1074/583>
- Bilgi, E., Bayir, E., Sendemir-Urkmez, A., & Hames, E. E. (2016). Optimization of bacterial cellulose production by *Gluconacetobacter xylinus* using carob and haricot bean. *International Journal of Biological Macromolecules*, 90, 2–10. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.02.052>
- Chawla, P. R., Bajaj, I. B., Survase, S. A., & Singhal, R. S. (2009). Microbial cellulose: Fermentative production and applications. *Food Technology and Biotechnology*, 47(2), 107–124.
- Cimpia, N. (2019). *Pengaruh Penambahan Crosslinker Terhadap Karakteristik KompositSelulosa Bakterial-Ekstrak Lidah Buaya (Aloe vera L.) untuk Aplikasi Biomedis*.
- Doulabi, A. H., Mequanint, K., & Mohammadi, H. (2014). Blends and nanocomposite biomaterials for articular cartilage tissue engineering. *Materials*, 7(7), 5327–5355. <https://doi.org/10.3390/ma7075327>
- Esa, F., Tasirin, S. M., & Rahman, N. A. (2014). Overview of Bacterial Cellulose Production and Application. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 113–119. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2014.11.017>
- Goh, W. N., Rosma, A., Kaur, B., Fazilah, A., Karim, A. A., & Bhat, R. (2012). Microstructure and physical properties of microbial cellulose produced during fermentation of black tea broth (kombucha). II. *International Food Research Journal*, 19(1), 153–158.
- Hidayu, A. R., & Muda, N. (2016). Preparation and Characterization of Impregnated Activated Carbon from Palm Kernel Shell and Coconut Shell for CO₂ Capture. *Procedia Engineering*, 148, 106–113. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.463>
- Hoenich, N. (2006). Cellulose for medical applications: Past, present, and future. *BioResources*, 1(2), 270–280. <https://doi.org/10.15376/biores.1.2.270-280>