

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI SELULOSA BAKTERIAL DARI
FILTRAT UBI JALAR MERAH (*Ipomoea batatas* (L.))**

SKRIPSI

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



Oleh :

LUSI PUSPITASARI

NIM. 1101532-2011

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2015**

PERSETUJUAN SKRIPSI

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI SELULOSA BAKTERIAL
DARI FILTRAT UBI JALAR MERAH (*Ipomoea batatas* (L.))**

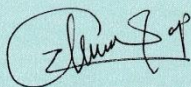
Nama : Lusi Puspitasari
Nim : 1101532/2011
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Mei 2015

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,



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



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
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang*

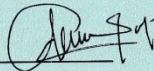
Judul : Pembuatan dan Karakterisasi Selulosa Bakterial dari
Filtrat Ubi Jalar Merah (*Ipomoea batatas* (L.))
Nama : Lusi Puspitasari
TM/NIM : 2011/1101532
Program Studi : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Mei 2015

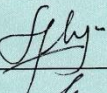
Tim Penguji

No. Jabatan	Nama	Tanda Tangan
-------------	------	--------------

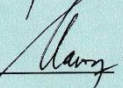
1. Ketua	: Ananda Putra, S.Si.,M.Si.,Ph.D
----------	----------------------------------

1.	
----	---

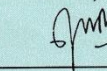
2. Sekretaris	: Dra. Sri Benti Etika, M.Si
---------------	------------------------------

2.	
----	---

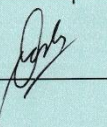
3. Anggota	: Dr. Mawardi, M.Si
------------	---------------------

3.	
----	---

4. Anggota	: Sherly Kasuma Warda Ningsih, S.Si.,M.Si
------------	---

4.	
----	---

5. Anggota	: Deski Beri, S.Si.,M.Si
------------	--------------------------

5.	
----	---

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lusi Puspitasari
TM/NIM : 2011/1101532
Tempat/Tanggal Lahir : Padang/ 5 November 1993
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : MIPA
Alamat : Jl. Koto Pulai RT 002 RW 004 NO.16 KEL. Koto
Pulai KEC. Koto Tengah Padang
No. Hp/Telepone : 081322386466
Judul Skripsi : Pembuatan dan Karakterisasi Selulosa Bakterial
dari Filtrat Ubi Jalar Merah (*Ipomoea batatas* (L.))

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil 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 daftar pustaka.
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, Mei 2015
Yang membuat pernyataan.


Lusi Puspitasari

NIM : 1101532

ABSTRAK

Lusi Puspitasari (2015) : Pembuatan dan Karakterisasi Selulosa Bakterial dari Filtrat Ubi Jalar Merah (*Ipomoea batatas*(L.))

Telah dilakukan penelitian pengaruh konsentrasi media perendam NaOH dan NH₄OH pada suhu kamar dan suhu 85°C terhadap sifat fisik dan struktur selulosa bakterial dengan penambahan gula (SBG) dan selulosa bakterial tanpa penambahan gula (SBTG) ubi jalar merah. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh konsentrasi NaOH baik suhu kamar maupun suhu 85°C mempengaruhi sifat fisik dan struktur SB, sedangkan NH₄OH tidak signifikan mempengaruhi perubahan sifat fisik dan strukturnya. Ketebalan SBG dan SBTG setelah direndam mengalami penurunan. Pada konsentrasi NaOH 20% mempengaruhi persentase kadar air dan persentase derajat penggembungan (*swelling*). Persentase kadar air SBTG lebih besar dibandingkan dengan SBG. Persentase *swelling* SBG lebih besar dibandingkan SBTG. Berdasarkan hasil analisis FTIR, menunjukkan bahwa gugus fungsi yang terdapat pada SB sama dengan gugus fungsi selulosa. Dari data XRD, menunjukkan derajat kristalinitas SBTG lebih besar dibandingkan SBG ubi jalar merah. Pada konsentrasi NaOH 20% pada suhu kamar dapat berubah struktur selulosa I menjadi selulosa II, sedangkan dengan NH₄OH tidak menyebabkan perubahan struktur selulosa I.

Kata Kunci : Ubi Jalar Merah, Ketebalan, Kadar air, *Swelling*, dan Struktur.

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis. Shalawat dan salam kita kirimkan untuk nabi besar Muhammad SAW yang telah memberikan tauladan dalam setiap aktivitas yang kita lalui, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan proposal penelitian yang berjudul **“Pembuatan dan Karakterisasi Selulosa Bakterial dari Filtrat Ubi Jalar Merah (*Ipomoea batatas* (L.))”**.

Skripsi ini diajukan untuk memenuhi persyaratan kelulusan dalam rangka untuk memperoleh gelar Sarjana S-1 pada Program Studi 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, penasehat akademik yang telah memberikan bimbingan serta pengarahan hingga proposal penelitian ini selesai.
2. Ibu Dra. Sri Benti Etika, M.Si selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan serta pengarahan hingga proposal penelitian ini selesai.
3. Bapak Dr. Mawardi, M.Si, Ibu Sherly Kasuma Warda Ningsih, S.Si.,M.Si, dan Bapak Deski Beri, S.Si.,M.Si selaku penguji skripsi Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.

4. Ibu Dra. Andromeda, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.
5. Bapak Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Ketua Prodi Kimia Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.
6. Staf Akademik Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.
7. Kedua Orang Tua penulis tercinta yang telah memberikan semangat serta dorongan kepada penulis dalam melakukan setiap aktivitas penelitian.
8. Teman-teman kimia tahun 2011 yang telah memberikan masukan dan dorongan kepada penulis dalam pelaksanaan penelitian.

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

Padang, April 2015

Lusi Puspitasari

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Rumusan Masalah	4
1.5. Tujuan Penelitian	4
1.6. Pertanyaan Penelitian	5
1.7. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Ubi Jalar	6
2.1.1. Taksonomi Tanaman Ubi Jalar	6
2.1.2. Komposisi Ubi Jalar	6
2.2. Selulosa	9
2.3. Selulosa Bakterial.....	11
2.4. <i>Acetobacter xylinum</i>	14
2.4.1. Fase adaptasi	17
2.4.2. Fase pertumbuhan awal.....	18
2.4.3. Fase pertumbuhan eksponensial.....	18

2.4.4. Fase pertumbuhan diperlambat	18
2.4.5. Fase stasioner	18
2.4.6. Fase menuju kematian.....	19
2.4.7. Fase kematian.....	19
2.5. Karakterisasi Selulosa Bakterial	19
2.5.1. Sifat Fisik SB	19
2.5.1.1. Ketebalan.....	19
2.5.1.2. Kadar Air.....	20
2.5.1.3. Derajat Penggembungan (<i>Swelling</i>).....	20
2.5.2. Karakterisasi Struktur SB.....	21
2.5.2.1. <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR).....	21
2.5.5. <i>X-ray Diffraction</i> (XRD).....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.2. Sampel Penelitian.....	23
3.3. Variabel Penelitian	23
3.4. Desain Penelitian.....	24
3.5. Alat dan Bahan.....	25
3.5.1. Alat.....	25
3.5.2. Bahan	25
3.6. Prosedur Penelitian.....	25
3.6.1. Pembuatan/penyediaan starter <i>Acetobacter xylinum</i>	25
3.6.2. Pembuatan filtrat ubi jalar merah.....	26
3.6.3. Penyiapan medium filtrat ubi jalar merah.....	26
3.6.4. Pembuatan Selulosa Bakterial.....	26

3.6.5. Pemurnian Selulosa Bakterial	27
3.7. Karakterisasi Selulosa Bakterial	27
3.7.1. Pengukuran ketebalan gel dan membran Selulosa Bakterial	27
3.7.2. Penentuan kandungan air gel Selulosa Bakterial	27
3.7.3. Penggembungan membran Selulosa Bakterial.....	28
3.7.4. Analisa <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR).....	28
3.7.5. Analisa difraksi sinar X.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1. Pembuatan Selulosa Bakterial dari Filtrat Ubi Jalar Merah.....	30
4.2. Pengaruh konsentrasi media perendam terhadap Selulosa Bakterial	32
4.3. Sifat Fisik Selulosa Bakterial Ubi Jalar Merah	32
4.3.1. Ketebalan Selulosa Bakterial Ubi Jalar Merah	32
4.3.1.1. Pengaruh konsentrasi NaOH (%w/v) terhadap ketebalan Selulosa Bakterial	32
4.3.1.2. Pengaruh konsentrasi NH ₄ OH (%v/v) terhadap ketebalan Selulosa Bakterial	34
4.3.2. Kadar Air (<i>Water Content</i>) Selulosa Bakterial Ubi Jalar Merah	36
4.3.2.1. Pengaruh Konsentrasi NaOH (%w/v) Terhadap Kadar Air SBG dan SBTG ubi jalar merah	36
4.3.2.2. Pengaruh Konsentrasi NH ₄ OH (%w/v) Terhadap Kadar Air SBG dan SBTG ubi jalar merah	38
4.3.3. Derajat Penggembungan (<i>Swelling</i>) Selulosa Bakterial Ubi Jalar Merah...	40
4.3.3.1. Pengaruh Konsentrasi NaOH (%w/v) Terhadap Derajat Penggembungan SBG dan SBTG ubi jalar merah	40
4.3.3.2 Pengaruh Konsentrasi NH ₄ OH (%v/v) Terhadap Derajat Penggembungan SBG dan SBTG ubi jalar merah	42

4.4. Analisa Struktur Selulosa Bakterial Ubi Jalar Merah	45
4.4.1. Analisis Gugus Fungsi Selulosa Bakterial Ubi Jalar Merah	45
4.4.2. Analisa struktur SBG dan SBTG ubi jalar merah	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	53
5.1. Kesimpulan	53
5.2. Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel	Hal
2.1. Kandungan Gizi dalam 100 gram Ubi Jalar Segar.....	7
4.1. Pengaruh konsentrasi NaOH (%w/v) terhadap ketebalan SBG dan SBTG ubi jalar merah.....	33
4.2. Pengaruh konsentrasi NH ₄ OH (%v/v) terhadap ketebalan SBG dan SBTG ubi jalar merah	35
4.3. Gugus fungsi SBG dan SBTG yang terdeteksi pada spektra FTIR	47
4.4. Derajat Kristalinitas SBG dan SBTG ubi jalar merah	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Hal
2.1. Struktur Selulosa	9
2.2. Skema Pembentukan Nanofiber Selulosa oleh <i>A. xylinum</i>	13
2.3. Struktur SB.....	14
2.4. <i>Acetobacter xylinum</i>	15
2.5. Tahap-tahap Pertumbuhan <i>A.xylinum</i> dalam kondisi normal	17
4.1. Ilustrasi pertumbuhan SB mulai dari permukaan medium ke bawah	30
4. 2. Ilustrasi pengaruh konsentrasi media perendam terhadap SB	33
4.3. Pengaruh konsentrasi NaOH (%w/v) suhu kamar selama 24 jam terhadap kadar air (%) SBG dan SBTG ubi jalar merah	36
4.4. Pengaruh konsentrasi NaOH (%w/v) suhu 85°C selama 2 jam terhadap kadar air (%) SBG dan SBTG ubi jalar merah	37
4.5. Pengaruh konsentrasi NH ₄ OH (%v/v) suhu kamar selama 24 jam terhadap kadar air (%) SBG dan SBTG ubi jalar merah	38
4.6. Pengaruh konsentrasi NH ₄ OH (%v/v) suhu 85°C selama 2 jam terhadap kadar air (%) SBG dan SBTG ubi jalar merah	39
4.7. Pengaruh Konsentrasi NaOH (%w/v) suhu kamar selama 24 jam terhadap DP (%) SBG dan SBTG ubi jalar merah	41
4.8. Pengaruh Konsentrasi NaOH(%w/v) suhu 85°C selama 2 jam terhadap DP (%) SBG dan SBTG ubi jalar merah	42
4.9. Pengaruh Konsentrasi NH ₄ OH (%v/v) suhu kamar selama 24 jam terhadap DP (%) SBG dan SBTG ubi jalar merah	43
4.10. Pengaruh Konsentrasi NH ₄ OH (%v/v) suhu 85°C selama 2 jam terhadap DP (%) SBG dan SBTG ubi jalar merah	44
4.11. Spektra FTIR SBG dan SBTG 0% dengan NaOH 20% pada suhu kamar	46
4.12. Spektra FTIR SBG dan SBTG 0% dengan NH ₄ OH 18,55% pada suhu kamar.....	46
4.13. Spektra selulosa standar	47
4.14. Difraktogram XRD SBG dan SBTG ubi jalar merah pada suhu kamar	50
4.15. Data XRD SB dengan perlakuan konsentarsi Urea (0%-6%(%w/v)).....	51

4. 16. Data XRD SB dengan perlakuan konsentarsi NaOH (0%-10%(w/v)).....	51
4. 17. Perbandingan data XRD selulosa I dan II.....	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Hal
1. Pembuatan/penyediaan starter <i>Acetobacter xylinum</i>	59
2. Pembuatan filtrat ubi jalar merah	59
3. Penyiapan medium	60
4. Pembuatan Selulosa Bakterial	62
5. Pemurnian Selulosa Bakterial	63
6. Karakterisasi Selulosa Bakterial	64
7. Data ketebalan SB ubi jalar merah.....	68
8. Data Kadar Air SB ubi jalar merah	69
9. Data Swelling SB ubi jalar merah	69
10. Perhitungan pembuatan larutan media perendam	70
11. Spektra FTIR	74
12. Difraktogram XRD.....	77
13. Memasak filtrat ubi jalar merah dengan penambahan gula dan tanpa penambahan gula	78
14. Menyiapkan urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$), gula, dan CH_3COOH	78
15. SBG ubi jalar merah yang telah direndam dengan air selama 2 hari.....	79
16. Potongan SBG ubi jalar merah dengan ukuran 4 x 2 cm.....	79
17. Proses pemurnian SBTG ubi jalar merah dengan larutan NaOH	80
18. Proses pemurnian SBTG ubi jalar merah dengan larutan NH_4OH	80
19. SBTG yang telah dimurnikan	81
20. SB yang telah dipress.....	84
21. SB yang akan ditimbang berat keringnya	84
22. Film SBG dan SBTG ubi jlar merah setelah <i>swelling</i>	85

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Berdasarkan jumlah total produksi ubi jalar dunia, Indonesia merupakan negara penghasil kedua terbesar setelah Cina (Koswara, 2013). Akan tetapi saat ini perkembangan produksi ubi jalar di Indonesia menunjukkan angka yang kurang menggembirakan karena kurangnya dukungan dari industri pengolahan ubi jalar untuk memproduksinya menjadi produk yang lebih disukai masyarakat. Menurut Onwueme (1978) ubi jalar hanya mempunyai nilai ekonomis sebagai bahan pangan. Ubi jalar dapat diolah menjadi berbagai macam makanan, dari lauk sampai makanan jajanan.

Ubi jalar memiliki jenis yang berbeda-beda dengan komposisi kimia yang berbeda juga. Komponen utama pada tepung ubi jalar adalah karbohidrat dimana sebagian besar adalah pati. Kadar pati pada ubi jalar merah sebesar 15,18%, pada ubi jalar putih 28,79%, dan pada ubi jalar ungu 12,64% (Dewi, 2007). Pati ubi jalar juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri pangan (soun, bahan pengental, pengisi, pengikat, pemanis atau gula cair), kimia, kertas, tekstil bahkan sebagai bahan baku *biodegradable plastic* (Ambarsari, 2009).

Hasil penelitian Hidayat *et al* (2006) dalam 100 gram ubi jalar merah terkandung karbohidrat 17,6 gr, protein 1,5 gr, lemak 0,05 gr, serat 0,30 gr, kalium 30 mg, zat besi 0,61 mg, magnesium 25 mg, selenium 0,6 mg, kalsium 337 mg, vitamin 22,7 mg. Dari kandungan tersebut, filtrat ubi jalar merah dapat diolah menjadi produk fermentasi yang disebut *nata de red sweet potato*, sehingga ubi jalar mempunyai nilai ekonomis yang tinggi.

Nata adalah biomassa yang sebagian besar terdiri dari selulosa, berbentuk agar dan berwarna putih seperti gel. *Nata de red sweet potato* merupakan selulosa bakterial (SB) yang dihasilkan oleh bakteri *Acetobacter xylinum* (*A. xylinum*), bakteri ini merupakan jenis bakteri yang menghasilkan selulosa dengan sifat fisik yang menguntungkan (Suwannapinunt *et al*, 2007). *Acetobacter xylinum* diidentifikasi sebagai gram bakteri negatif dengan batang pendek, yang mampu mengoksidasi glukosa menjadi asam glukonat dan asam organik secara bersamaan. Selulosa Bakterial telah dikenal sebagai metabolit sekunder dari glukosa dengan pelepasan asam asetat ke dalam lingkungan (Tomita dan Kondo, 2009).

Beberapa peneliti telah mempelajari mengenai struktur, sifat fisik dan mekanik dari SB. Pandey (2014) melaporkan bahwa penguraian dan regenerasi selulosa bakterial (SB) diekstrak dari *nata de coco* menggunakan rasio yang berbeda dari natrium hidroksida (NaOH) dan urea sebagai pelarut dalam media perendaman. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa kelarutan SB meningkat secara signifikan dengan meningkatnya konsentrasi NaOH, memuncak pada 8%, sehingga dapat merubah selulosa I mampu menyerap larutan alkali dan mengkonversi ke selulosa II, sedangkan urea tidak mempengaruhi dari struktur dan kristalinitasnya.

Atsushi Nakayama *et al* (2004) melaporkan bahwa *Double-Network Hydrogels* dengan kekuatan mesin yang tinggi dapat disintesis dari SB. Selulosa Bakterial mempunyai aplikasi yang banyak dalam berbagai bidang, misalnya dalam industri kertas, tekstil dan makanan serta juga digunakan sebagai

biomaterial dalam memproduksi kosmetik, kulit buatan dan pembuluh darah buatan (Chawla, 2009).

Pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi media perendam NaOH dan NH_4OH terhadap sifat fisik dan struktur SB dari filtrat ubi jalar merah tanpa penambahan gula (SBTG) yang akan dibandingkan dengan SB dari filtrat ubi jalar merah dengan penambahan gula (SBG). Sifat fisik yang diamati berupa ketebalan, kadar air, dan derajat penggembungan (*swelling*) SB. Perubahan struktur SB diamati dengan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan derajat kristalinitas SB ditentukan menggunakan *X-ray Diffraction* (XRD).

1.2. Identifikasi Masalah

1. Bagaimanakah filtrat ubi jalar merah dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan SB?
2. Apakah untuk mengaktifkan produksi SB oleh bakteri dibutuhkan nutrisi sumber karbon seperti gula?
3. Apakah filtrat ubi jalar merah mempunyai nutrisi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan bakteri?
4. Apakah media perendam dapat mempengaruhi sifat fisik dan struktur SBG dan SBTG?

1.3. Batasan Masalah

1. Ubi jalar merah yang digunakan adalah ubi jalar merah yang dibeli di Pasar Lubuk Buaya yang berasal dari Bukittinggi.
2. Nutrisi tambahan yang digunakan adalah gula.
3. Media perendam yang digunakan adalah NaOH dan NH_4OH pada suhu kamar dan suhu 85°C .

4. Karakterisasi SB dilakukan dengan pengukuran ketebalan gel dan membran, kadar air (*Water Content*), derajat pengembangan (*Swelling*), dan menggunakan beberapa instrumen yaitu: FTIR dan XRD.

1.4. Rumusan Masalah

1. Bagaimana sifat fisik dan struktur SBG dan SBTG?
2. Bagaimana pengaruh NaOH sebagai media perendam pada temperatur kamar selama 24 jam dan temperatur tinggi 85°C selama 2 jam dalam proses pemurnian SBG dan SBTG dari filtrat ubi jalar merah terhadap sifat fisik dan struktur?
3. Bagaimana pengaruh NH₄OH sebagai media perendam pada temperatur kamar selama 24 jam dan temperatur tinggi 85°C selama 2 jam dalam proses pemurnian SBG dan SBTG dari filtrat ubi jalar merah terhadap sifat fisik dan struktur?

1.5. Tujuan Penelitian

1. Menentukan sifat fisik dan struktur SBG dan SBTG dari filtrat ubi jalar merah.
2. Menentukan pengaruh NaOH sebagai media perendam pada temperatur kamar selama 24 jam dan temperatur tinggi 85°C selama 2 jam dalam proses pemurnian SBG dan SBTG dari filtrat ubi jalar merah terhadap sifat fisik dan struktur.
3. Menentukan pengaruh NH₄OH sebagai media perendam pada temperatur kamar selama 24 jam dan temperatur tinggi 85°C selama 2 jam dalam proses pemurnian SBG dan SBTG dari filtrat ubi jalar merah terhadap sifat fisik dan struktur.

1.6. Pertanyaan Penelitian

Apakah nutrien sumber karbon dan media perendam pada produksi SB dari filtrat ubi jalar merah dapat merubah struktur dan sifat fisik?

1.7. Manfaat Penelitian

1. Menambah wawasan mengenai pemanfaatan ubi jalar merah sebagai bahan baku pembuatan SB.
2. Memberikan informasi mengenai karakteristik SB ubi jalar merah tanpa penambahan gula kepada pembaca, sehingga bisa diolah menjadi produk yang berbahan baku SB.
3. Dapat menjadi acuan untuk penelitian karakteristik tingkat lanjutan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ubi Jalar

Ubi jalar (*Ipomoea batatas* (L.)) merupakan salah satu komoditas pertanian yang mempunyai prospek untuk dikembangkan di lahan yang kurang subur dan sebagai bahan olahan ataupun sebagai bahan baku industri (Koswara, 2013). Menurut sejarahnya, tanaman ubi jalar berasal dari Amerika Tengah tropis, namun ada yang berpendapat lain yaitu dari Polinesia. Tanaman ubi jalar masuk ke Indonesia diduga dibawa oleh para saudagar rempah-rempah (Iriani dan Meinarti N, 1996).

2.1.1. Taksonomi Tanaman Ubi Jalar

Dalam budi daya dan usaha pertanian, ubi jalar tergolong tanaman palawijaya. Tanaman ini membentuk umbi di dalam tanah. Umbi itulah yang menjadi produk utamanya. Adapun kedudukan tanaman ubi jalar dalam tatanama (sistematika) sebagai berikut:

Divisio	: Spermatophyta
Sub-divisio	: Angiospermae (tumbuhan berbunga)
Kelas	: Dicotyledoneae (berbiji belah atau berkeping dua)
Bangsa	: Tubiflorae
Famili	: Convolvulaceae (kangkung-kangkungan)
Genus	: Ipomoea
Species	: <i>Ipomoea batatas</i> (L.) (Apriliyanti, 2010)

2.1.2. Komposisi Ubi Jalar

Ubi jalar merupakan sumber energi yang baik dalam bentuk karbohidrat. Menurut Soenarjo (1984), komposisi kimia ubi jalar dipengaruhi oleh varietas, lokasi, dan musim tanam. Pada musim kemarau, varietas yang sama akan

menghasilkan kadar tepung yang lebih tinggi daripada musim penghujan.

Komposisi kimia ubi jalar ditunjukkan dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1. Kandungan Gizi dalam 100 gram Ubi Jalar Segar

No	Komposisi	Jumlah	
		Ubi putih	Ubi Merah
1	Kalori (kal)	123.00	123.00
2	Protein (g)	1.80	1.80
3	Lemak (g)	0.70	0.70
4	Karbohidrat (g)	27.90	27.90
5	Kalsium (mg)	30.00	30.00
6	Fosfor (mg)	49.00	49.00
7	Zat besi (mg)	0.70	0.70
8	Natrium (mg)	-	-
9	Kalium (mg)	-	-
10	Niacin (mg)	-	-
11	Vitamin A (SI)	60.00	7700.00
12	Vitamin B1 (mg)	0.90	0.90
13	Vitamin B2 (mg)	-	-
14	Vitamin C (mg)	22.0	22.0
15	Air (g)	68.50	68.50
16	Bagian yang dapat dimakan (%)	86.00	86.00

Sumber: (Direktorat Gizi Depkes RI,1981)

Sedangkan menurut Onwueme (1978) ubi jalar merupakan sumber karbohidrat, mineral dan vitamin. Setiap 100 gram ubi jalar mengandung air antara 50-81 gram, pati 8-29 gram, protein 0,95-2,4 gram, karbohidrat sekitar 31,8 gram, lemak 0,1-0,2 gram, gula reduksi 0,5-2,5%, serat 0,1 gram, kalsium 55 mg, zat besi 0,7 mg, fosfor 51 mg dan energy 135 kalori. Menurut Damardjati, dkk (1993) vitamin A pada ubi jalar dalam bentuk provitamin A mencapai 7000 SI/100 gram. Jumlah ini dua setengah kali rata-rata kebutuhan manusia tiap hari.

2.1.2.1. Karbohidrat

Sewaktu dipanen ubi jalar mengandung antara 16-40% bahan kering. Dari jumlah itu 75-90% adalah karbohidrat yang mengandung pati, gula, selulosa, hemiselulosa dan pektin. Pati ubi jalar terdiri dari 60-70% amilopektin dan sisanya amilosa. Kandungan pati, gula, hemiselulosa dan selulosa ubi jalar segar (% berat kering) secara berturut-turut adalah 46.2, 22.3, 3.8, dan 2.7, sedangkan pada ubi jalar yang telah dimasak kandungan pati, gula, hemiselulosa dan selulosa berubah menjadi 2.6, 37.6, 1.0, dan 2.5 (Koswara, 2013).

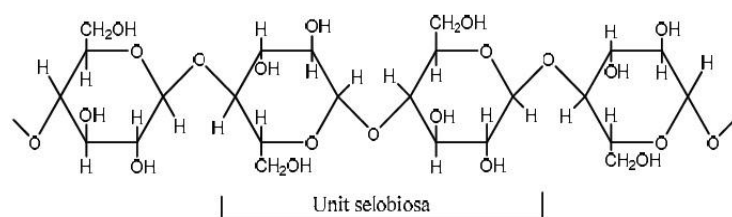
Selama pemasakan ubi jalar atau selama ubi jalar dipanggang maka sebagian pati diubah menjadi gula yaitu maltosa dan dekstrosa. Jumlah pati yang diubah antara 42 – 95 % dan dari jumlah itu 72 – 99 % diubah menjadi maltosa, sedangkan sisanya menjadi dekstrin. Kandungan selulosa tidak mengalami perubahan selama ubi dipanggang. Selain maltosa dan suksosa, jenis gula lain yang terdapat dalam ubi jalar yang telah dimasak adalah fruktosa, glukosa, dan raffinosa. Adanya raffinosa, walau dalam jumlah kecil, akan menyebabkan gejala flatulensi yang nyata, yaitu terjadinya fermentasi raffinosa oleh bakteri di dalam usus besar menghasilkan gas terutama H_2 dan CO_2 (Koswara, 2013).

Pektin, selulosa, hemiselulosa diklasifikasikan sebagai serat makanan. Peningkatan konsumsi serat makanan akan menurunkan kemungkinan terserang beberapa jenis penyakit, seperti kanker usus besar, diabetes, penyakit hati dan penyakit saluran pencernaan. Selama pemasakan kandungan serat makanan pada ubi jalar akan naik karena terjadi pembentukan senyawa pati yang resisten terhadap aktifitas enzimatik (Koswara, 2013).

2.2. Selulosa

Selulosa merupakan polisakarida penyusun karbohidrat, dimana polisakarida penyusun karbohidrat meliputi pati, selulosa dan dektrin yang merupakan substrat yang amorph sebagian besar tak larut dalam air dan mempunyai rumus $(C_6H_{10}O_5)_n \cdot H_2O$, dimana n sangat besar. Bila polisakarida dihidrolisis diperoleh gula-gula: C_6 atau C_5 (Sastrohamidjojo, 2005). Selulosa dihidrolisis menggunakan enzim selulase. Dalam mendegradasi selulosa, mikroorganisme bekerja dengan mengsekresikan enzim selulase (Ambrianto, 2010).

Selulosa sebagai senyawa paling banyak di bumi tersusun atas 8.000-12.000 unit glukosa yang dihubungkan oleh ikatan β -1,4-glikosida. Unit penyusun (*building block*) selulosa adalah selobiosa karena unit keterulangan dalam molekul selulosa adalah 2 unit gula (D-glukosa). Selulosa adalah senyawa yang tidak larut di dalam air dan ditemukan pada dinding sel tumbuhan terutama pada tangkai, batang, dahan, dan semua bagian berkayu dari jaringan tumbuhan. Struktur selulosa dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.1. Struktur Selulosa (Sumber: Lehninger 1993)

Selulosa berbentuk *amorphous* dan *crystalline*, jumlah selulosa *amorphous* dan *crystalline* di alam sama banyak. Bentuk selulosa kristalin yang sering ditemukan di alam adalah selulosa tipe I, dimana termasuk metastabil yang secara

alami tidak dapat diubah menjadi selulosa kristalin tipe yang lain. Selulosa tipe I dapat diubah menjadi selulosa tipe II dengan treatment menggunakan alkali. Selulosa kristalin tipe II adalah selulosa yang paling stabil yang diketahui. Selulosa tipe I mempunyai ikatan glikosida parallel dan mempunyai ikatan hidrogen intramolekul yang kuat. Selulosa tipe II jarang ditemukan di alam, secara umum dapat dikatakan bahwa sebagai hasil represifitasi setelah proses *swelling* dan pelarutan kembali selulosa tipe I. Selain selulosa tipe I dan II juga terdapat selulosa tipe III dan IV yang sangat jarang ditemukan di alam (Beguin, P. and Aubert, 1994).

Struktur kristal selulosa II terdiri unit sel monoklinik terdapat dua segmen rantai mengikuti selulosa antiparalel yang membentuk 2/1 helix. Sistem ikatan hidrogen dari selulosa II lebih rumit daripada selulosa I dan menghasilkan densitas ikatan silang antar molekul yang lebih tinggi. Perbedaan utama antara kedua bentuk selulosa terletak pada tata letak atom dimana selulosa II memiliki arah rantai antiparalel, sedangkan rantai selulosa I arah parallel (Lavoine *et al*, 2012; Klemm *et al*, 1998).

Selulosa III dihasilkan dari perlakuan selulosa I dan II dengan amonia cair atau amina organik seperti etilendiamin, diikuti dengan pencucian dengan alkohol. Perbedaan dimensi kisi yang kecil, selulosa III dibedakan menjadi submodifikasi selulosa III_I dan selulosa III_{II}. Struktur rantai packing berbeda, selulosa III_I rantai parallel dan selulosa III_{II} rantai antiparalel (Klemm *et al*, 2004; Zugenmaier, 2008).

Selulosa IV diproduksi dengan memanaskan selulosa III dalam gliserol selama 20 menit pada 260°C dan terbentuk dua polimorf selulosa IV_I dan IV_{II}. Polimorf kristal selulosa diklasifikasikan ke dalam dua kelompok yang berbeda dalam rantai polaritas : kelompok rantai paralel (selulosa Ia, Ib, III_I dan IV_I) dan kelompok rantai antiparalel (selulosa II, IV_{II}).

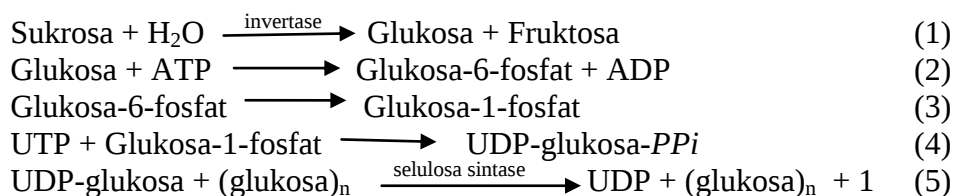
2.3. Selulosa Bakterial

Selulosa Bakterial merupakan selulosa alam yang diperoleh dari fermentasi bakteri *A. xylinum* dalam media yang mengandung sumber karbon, nitrogen dan mikronutrien. Jika air kelapa digunakan sebagai sumber mikronutrien, maka selulosa yang dihasilkan disebut *pelikel* selulosa mikroba (*nata de coco*) (White and Brown, 1989). Produksi pelikel tergantung pada berbagai faktor, antara lain: konsentrasi media yang digunakan, suhu inkubasi, pH inkubasi, dan kondisi lingkungan (Astawan, 1991).

Aktivitas pembentukan SB hanya terjadi pada kisaran pH antara 3,5 – 7,5. Kualitas SB terbaik dan terbanyak mencapai pada pH 5,0 dan 5,5 dalam media air kelapa dan pada suhu kamar. Kualitas dan jumlah terbanyak dihasilkan pada media air kelapa yang mempunyai pH 4,5 dan kondisi pH optimum untuk pembentukan SB terjadi pada pH 4,0 pada media air kelapa. Terbentuknya *pelikel* (lapisan tipis SB) mulai dapat dilihat dipermukaan media cair setelah 24 jam inkubasi, bersamaan dengan terjadinya proses penjernihan cairan dibawahnya. Jaringan halus yang transparan yang terbentuk dipermukaan membawa sebagian bakteri yang terperangkap didalamnya. Gas karbon dioksida yang dihasilkan secara lambat oleh *A. xylinum* mungkin menyebabkan pengapungan SB, sehingga

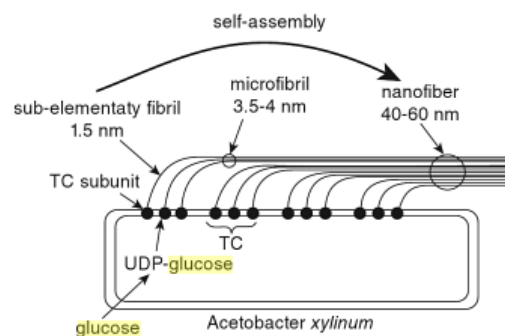
SB didorong kepermukaan. Polisakarida bakteri yang dibentuk oleh enzim – enzim *A. xylinum* berasal dari suatu prekursor yang berkaitan β (1-4) yang tersusun dari komponen gula yaitu glukosa, manosa, ribosa, dan rhamnosa. Prekursor dalam pembentukan SB *A. xylinum* ialah UDPG (Urasil Difosfo Glukosa) (Rizal *et al*, 2013).

Selulosa Bakterial dihasilkan oleh *A. xylinum* melalui proses fermentasi. Selama fermentasi bakteri tersebut memecah gula (sukrosa) menjadi glukosa dan fruktosa. Glukosa melalui reaksi heksokinase menjadi glukosa-6-fosfat. Glukosa-6-fosfat diubah menjadi glukosa-1-fosfat oleh enzim fosfoglukomutase. Reaksi selanjutnya adalah pembentukan uridin difosfat glukosa (UDP-glukosa) yang merupakan hasil reaksi antara glukosa-1-fosfat dengan uridin trifosfat (UTP), oleh kerja enzim glukosa-1-fosfaturidiltransferase. Reaksi ini dialihkan menuju ke kanan oleh kerja pirofosfatase, yang menghidrolisa pirofosfat (PPi) menjadi ortofosfat (Pi). UDP-glukosa adalah donor langsung residu glukosa di dalam pembentukan enzimatis selulosa oleh kerja selulosa sintase yang mengiatkan pemindahan residu glukosil dari UDP glukosa ke ujung non residu molekul selulosa (Lehninger. 1993). Biosintesis Selulosa dari Glukosa:



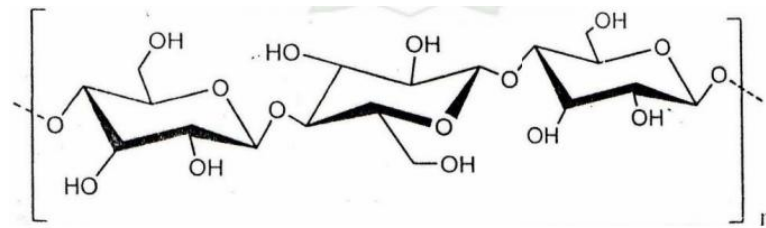
Jalur metabolisme untuk biosintesis SB diawali dengan pengubahan substrat, biasanya glukosa, menjadi uridindiposfatglukosa (UDP-glukosa). UDP-glukosa merupakan substrat enzim selulosa sintase. UDP-glukosa yang dikatalisis oleh

enzim selulosa sintase menghasilkan ikatan β -1,4 antara monomer glukosa. Kompleks enzim selulosa sintase berinteraksi dengan pori-pori pada permukaan membran terluar dari sel bakteri, disinilah terjadinya polimerisasi. Setelah polimerisasi, selulosa dikeluarkan dari pori-pori. Masing-masing pori mengeluarkan sekitar 16 rantai selulosa yang merupakan elemen fibril (lebar 1,5nm). Penggabungan elemen fibril melalui ikatan hidrogen membentuk *network* tiga dimensi, yang mengawali pembentukan mikrofibril. Penggabungan dari mikrofibril membentuk nanofibril. Skema pembentukan nanofiber selulosa oleh *A. xylinum* dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Skema Pembentukan Nanofiber Selulosa oleh *A. xylinum* (Sumber: Grossman, 2013)

Selulosa Bakterial memiliki struktur kimia sama dengan selulosa dari tanaman, dan rantai lurus molekul polisakarida memiliki D-glukosa yang dihubungkan oleh ikatan -1,4. Struktur SB dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Struktur SB (Sumber: Kalial *et al.* 2011)

Selulosa Bakterial memiliki kapasitas menahan air sangat tinggi dan pelikel-pelikel terbentuk memiliki kadar air sekitar 99%. Derajat polimerisasi SB yang tinggi, sekitar 15000 (Stokke & Groom, 2003). Kumpulan SB nanofibril memiliki sifat intrinsik yang sangat baik karena kristalinitas tinggi (sampai 84-89%), modulus elastisitas dilaporkan 78 Gpa (Kalial *et al.*, 2011).

2.4. *Acetobacter xylinum*

Acetobacter xylinum merupakan jenis bakteri yang menghasilkan selulosa dengan sifat fisik yang menguntungkan, karena memiliki kemurnian tinggi, kekuatan yang unik, struktur ultra halus dan *biodegradable* (Suwannapinunt *et al.*, 2007). *Acetobacter xylinum* atau *Gluconacetobacter xylinus* merupakan bakteri berbentuk batang pendek dan tergolong ke dalam jenis bakteri Gram negatif, memiliki lebar 0-5-1 μm dan panjang 2-10 μm . Bakteri *A.xylinum* mampu mengoksidasi glukosa menjadi asam glukonat dan asam organik lain pada waktu yang sama. Sifat yang paling menonjol dari bakteri itu adalah memiliki kemampuan untuk mempolimerisasi glukosa menjadi selulosa. Selanjutnya selulosa tersebut membentuk matrik yang dikenal sebagai *nata* (Tomita dan Kondo, 2009).

Acetobacter xylinum dapat dibedakan dengan spesies yang lain karena sifatnya yang bisa ditumbuhkan pada medium yang kaya komponen gula dan dapat memecah komponen gula itu sehingga membentuk suatu polisakarida yang dikenal dengan selulosa ekstraseluler. Bakteri ini terperangkap dalam benang-benang yang dibuatnya.



Gambar 2.4. *Acetobacter xylinum* (Sumber: Nainggolan, 2009)

Klasifikasi ilmiah dari *A. xylinum* :

Kerajaan : Bacteria
 Filum : Proteobacteria
 Kelas : Alpha Proteobacteria
 Ordo : Rhodospirilia
 Famili : Pseudomonadaceae s
 Genus : Acetobacter
 Spesies : *Acetobacter xylinum* (Moss, 1995)

Acetobacter xylinum merupakan jenis bakteri yang dapat tumbuh baik pada media air kelapa. *Acetobacter xylinum* juga sering ditemukan pada filtrat ubi jalar merah. Dengan demikian ada kemungkinan pemanfaatan kedua macam limbah tersebut sebagai media pertumbuhan *A. xylinum*. Mikroba tersebut tumbuh baik

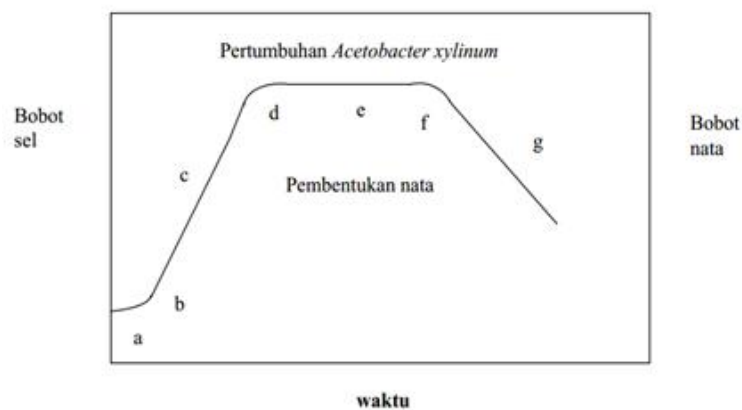
pada media yang mengandung sukrosa sebagai sumber energi, senyawa faktor tumbuh yang akan meningkatkan pertumbuhan bakteri, serta mineral Mg^{2+} yang akan membantu aktivitas enzim metabolisme. Kebutuhan Mg^{2+} dalam substrat sebesar $0,40 \text{ g l}^{-1}$ (Lapuz *et al*,1967). Weinhouse & Benziman (1976) mengungkapkan bahwa pada konsentrasi $10 \text{ mM } Mg^{2+}$ menunjukkan adanya aktifitas fosforilasi, sedang pada konsentrasi 12 mM menunjukkan adanya peningkatan fosforilasi yang tinggi. Komponen yang diperlukan untuk pertumbuhan *A. xylinum* tersedia dalam ekstrak ubi jalar merah maupun limbah air kelapa. Kandungan ion Mg^{2+} yang tinggi dalam air kelapa ($3,54 \text{ mg l}^{-1}$) memerlukan perbandingan yang tepat untuk membuat media campuran antara ekstrak ubi jalar merah dengan air kelapa.

Pertumbuhan *A. xylinum* dipengaruhi oleh faktor – faktor antara lain pH, suhu, sumber nitrogen dan sumber karbon. Sebagai sumber karbon dapat digunakan berbagai jenis gula seperti glukosa, sukrosa, fruktosa, ataupun maltosa dan sedangkan untuk mengatur pH digunakan asam asetat glasial. Tingkat konsentrasi ammonium sulfat yang ditambahkan pada media akan berpengaruh pada produksi SB adalah wadah fermentasi. Untuk efisiensi dan efektifitas hasil SB serta mempertinggi rendemen lebih baik digunakan wadah yang berbentuk segi empat dan luas permukaan yang relatif besar. Hal ini disebabkan karena kondisi yang demikian ini pertukaran oksigen dapat berlangsung dengan baik. Untuk menghasilkan massa SB yang kokoh, tebal, kenyal putih, dan tembus pandang perlu diperhatikan suhu inkubasi (fermentasi), komposisi dan pH atau

keasaman medium, selain itu penggunaan biang (starter) juga penting (Rizal *et al*, 2013).

1. Suhu inkubasi 28 - 30°C
2. pH medium sekitar 4- 7
3. Komposisi dari ammonium sulfat dan sukrosa
4. Biang (starter)

Bakteri *A. xylinum* mengalami beberapa fase pertumbuhan sel yaitu fase adaptasi, fase pertumbuhan awal, fase pertumbuhan eksponensial, fase pertumbuhan lambat, fase pertumbuhan tetap, fase menuju kematian, dan fase kematian. Adapun tahap – tahap pertumbuhan bakteri *A. xylinum* dalam kondisi normal dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Tahap-tahap Pertumbuhan *A.xylinum* dalam kondisi normal (Nurwantoro,1977)

2.4.1. Fase adaptasi

Begitu dipindahkan ke media baru, bakteri *A. xylinum* tidak langsung tumbuh dan berkembang. Pada fase ini, bakteri akan terlebih dahulu menyesuaikan diri

dengan substrat dan kondisi lingkungan barunya. Fase adaptasi bagi *A. xylinum* dicapai antara 0 – 24 jam atau $\pm$ 1 hari sejak inokulasi.

2.4.2. Fase pertumbuhan awal

Pada fase ini, sel mulai membelah dengan kecepatan rendah. Fase ini menandai diawalinya fase pertumbuhan eksponensial. Fase ini dilalui dalam beberapa jam.

2.4.3. Fase pertumbuhan eksponensial

Fase ini disebut juga sebagai fase pertumbuhan logaritmik, yang ditandai dengan pertumbuhan yang sangat cepat. Untuk bakteri *A. xylinum*, fase ini dicapai dalam waktu antara 1- 5 hari tergantung pada kondisi lingkungan. Pada fase ini juga, bakteri mengeluarkan enzim ekstraseluler polimerase sebanyak–banyaknya, untuk menyusun polimer glukosa menjadi selulosa.

2.4.4. Fase pertumbuhan diperlambat

Pada fase ini, terjadi pertumbuhan yang diperlambat karena ketersediaan nutrisi yang telah berkurang, terdapatnya metabolit yang bersifat toksik yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri, dan umur sel yang telah tua.

2.4.5. Fase stasioner

Pada fase ini, jumlah sel yang tumbuh relatif sama dengan jumlah sel yang mati. Penyebabnya adalah di dalam media terjadi kekurangan nutrisi, pengaruh metabolit toksik lebih besar, dan umur sel semakin tua. Namun pada fase ini, sel akan lebih tahan terhadap kondisi lingkungan yang ekstrim jika dibandingkan dengan ketahanannya pada fase lain. Matrik nata lebih banyak diproduksi pada fase ini.

2.4.6. Fase menuju kematian

Pada fase ini, bakteri mulai mengalami kematian karena nutrisi telah habis dan sel kehilangan banyak energi cadangannya.

2.4.7. Fase kematian

Pada fase ini, sel dengan cepat mengalami kematian, dan hampir merupakan kebalikan dari fase logaritmik. Sel mengalami lisis dan melepaskan komponen yang terdapat di dalamnya (Nurwantoro, 1977).

2.5. Karakterisasi Selulosa Bakterial

2.5.1. Sifat Fisik SB

2.5.1.1. Ketebalan

Tebal SB dan membrannya diukur dengan menggunakan *thickner* (kapiler) pada berbagai bagian gel atau membran dan dihitung ketebalan rata-ratanya. Tekstur merupakan suatu nilai yang menunjukkan ketebalan suatu bahan. Nilai tekstur dipengaruhi oleh nilai pH, seperti yang diketahui pH optimum untuk pertumbuhan *A. xylinum* yang berkisar antara pH 5,4–6,3 (Hernawati, 1998). Ketebalan SB meningkat seiring pertambahan pH. Pada pH 3 sampai dengan pH 5 ketebalannya meningkat dan menurun pada pH 7. Ini berarti pH 5 merupakan pH optimum pembentukan SB, sehingga pada pH 5 SB yang terbentuk kenyal dan baik. Namun pada pH 7 SB yang terbentuk sudah sedikit lembek. Sedangkan pada pH 3 nata tidak dapat terbentuk karena pada pH tersebut kondisi media terlalu asam (Lapuz dkk, 1967).

2.5.1.2. Kadar Air

Kadar air pada SB merupakan hasil persentase pembagian antara berat air yang hilang dengan berat SB mula-mula. Kemampuan *A. xylinum* mengkonversi gula dengan baik menyebabkan air pada media fermentasi berkurang. Bahkan terkadang media menjadi kering. Semakin banyak gula yang ditambahkan dalam media fermentasi, maka menyebabkan kadar air menjadi turun sampai batas penambahan konsentrasi tertentu (Heryawan, 2004). Begitu juga dengan pH, karena pH merupakan faktor penting untuk pertumbuhan dan pembentukan produk SB. Nilai pH cenderung berubah karena pengaruh sumber nitrogen dan karbon. Bakteri *A. xylinum* dapat hidup pada kondisi pH yang berkisar antara 3,5-5. Kandungan airnya adalah sebagai berikut:

$$W_c (\%) = \frac{W_b - W_k}{W_b} \times 100$$

dimana: W_c = *Water content* (kandungan air) dalam persen, W_b berat basah, dan W_k berat gel kering.

2.5.1.3. Derajat Penggembungan (*Swelling*)

Proses *swelling* bertujuan untuk memutuskan ikatan hidrogen antar gugus hidroksil pada selulosa. Proses *swelling* dapat dilakukan dengan penambahan pelarut, seperti DMSO (Dimetil Sulfoksida) karena lebih baik dibandingkan dengan pelarut lainnya, dimana nilai persen *swelling* dan fraksi mol *swelling* berturut-turut adalah 95,49 dan 1,98 (Ludmila *et al*, 2008).

Derajat penggembungan merupakan suatu parameter yang menyatakan seberapa besar membran dapat digembungkan untuk mengetahui terjadinya ikatan

silang suatu polimer. Penggembungan membran dipengaruhi oleh kerapatan pori-pori membran dan adanya ikatan silang yang menjembatani dua rantai utama dalam polimer pembentuk membran. Semakin rapat pori-pori membran semakin sulit untuk digembungkan. Polimer yang berikatan silang tinggi akan lebih sulit untuk digembungkan, sehingga derajat penggembungannya menurun. Derajat penggembungan (DP) dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$DP(\%) = \frac{W_b - W_k}{W_k} \times 100$$

dimana: W_c = Water content (kandungan air) dalam persen, W_b berat basah, dan W_k berat gel kering.

2.5.2. Karakterisasi Struktur SB

2.5.2.1. *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

Spektroskopi FTIR adalah teknik pengukuran untuk menentukan gugus fungsi dengan cara mengumpulkan spektrum inframerah. Energi yang diserap sampel pada berbagai frekuensi sinar inframerah direkam, kemudian diteruskan ke interferometer. Sinar pengukuran sampel diubah menjadi interferogram.

Jika seberkas sinar inframerah dilewatkan pada suatu sampel polimer, maka beberapa frekuensinya diabsorpsi oleh molekul sedangkan frekuensi lainnya ditransmisikan. Transisi yang terlibat pada absorpsi IR berhubungan dengan perubahan vibrasi yang terjadi pada molekul. Jenis ikatan yang ada dalam molekul polimer (C-C, C=C, C-O, C=O) memiliki frekuensi vibrasi yang berbeda. Adanya ikatan tersebut dalam molekul polimer dapat diketahui melalui identifikasi

frekuensi karakteristik sebagai puncak absorpsi dalam spektrum IR (Rohaeti, 2009).

2.5.5. *X-ray Diffraction (XRD)*

Metode difraksi sinar-X adalah salah satu cara untuk mempelajari keteraturan atom atau molekul dalam suatu struktur tertentu. Jika struktur atom atau molekul tertata secara teratur membentuk kisi, maka radiasi elektromagnetik pada kondisi eksperimen tertentu akan mengalami penguatan. Pengetahuan tentang kondisi eksperimen itu dapat memberikan informasi yang sangat berharga tentang penataan atom atau molekul dalam suatu struktur.

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 kristalin, perkiraan ukuran kristalin, dan perbandingan daerah kristalin dengan daerah amorf (derajat kristalinitas) dalam sampel polimer (Rohaeti, 2009).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa :

1. Ketebalan SB ubi jalar merah merah baik dengan penambahan gula maupun tanpa penambahan gula, pada umumnya mengalami penurunan. Persentase kadar air SBG lebih rendah dibandingkan SBTG, sedangkan persentase derajat penggembungan SBG lebih besar dibandingkan SBTG. Hasil spektra FTIR pada SBG dan SBTG menunjukkan adanya gugus fungsi selulosa. Dari data XRD, derajat kristalinitas SBTG lebih tinggi dibandingkan SBG, dan tidak terjadi perubahan struktur selulosa I.
2. Medium perendam NaOH baik suhu kamar maupun suhu 85°C mempengaruhi sifat fisik SB. Ketebalan SB ubi jalar merah merah baik dengan penambahan gula maupun tanpa penambahan gula, pada umumnya mengalami penurunan. Persentase kadar air SBG ubi jalar merah lebih rendah dibandingkan SBTG ubi jalar merah. Persentase derajat penggembungan SBG ubi jalar merah lebih tinggi dibandingkan SBTG ubi jalar merah. Hasil spektra FTIR pada SBG dan SBTG menunjukkan adanya gugus fungsi selulosa. Dari data XRD, derajat kristalinitas SBTG lebih tinggi dibandingkan SBG, dan pada SBTG terjadi perubahan struktur selulosa I menjadi selulosa II.

3. Medium perendam NH_4OH baik suhu kamar maupun suhu 85°C signifikan mempengaruhi sifat fisik dan strukturnya. Ketebalan SB ubi jalar merah merah baik dengan penambahan gula maupun tanpa penambahan gula, pada umumnya mengalami penurunan. Persentase kadar air SBG lebih rendah dibandingkan SBTG, sedangkan persentase derajat penggembungan SBG lebih besar dibandingkan SBTG. Hasil spektra FTIR pada SBG dan SBTG menunjukkan adanya gugus fungsi selulosa. Dari data XRD, derajat kristalinitas SBTG lebih tinggi dibandingkan SBG, dan tidak terjadi perubahan struktur selulosa I.

5.2. Saran

Penelitian ini diperlukan kajian lebih lanjut mengenai karakterisasi morfologi menggunakan SEM untuk memastikan permukaan dari SBG dan SBTG ubi jalar merah, serta uji tarik untuk mengetahui sifat mekanik dari SBG dan SBTG ubi jalar merah, agar dapat diaplikasikan sesuai karakteristiknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarsari, I., Sarjono. dan Abdul Choliq. 2009. Rekomendasi Dalam Penetapan Standar Mutu Tepung Ubi Jalar. BPTTP. Jawa Tengah.
- Ambriyanto, K.S. 2010. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Aerob Pendegradasi Selulosa dari Serasah Daun Rumut Gajah (*Pennisetum Purpureum Schaum*). Jurusan Biologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Apriliyanti, T. 2010. Kajian Sifat Fisikokimia dan Sensori Tepung Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas blackie*) dengan Variasi Proses Pengeringan. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Pertanian. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Astawan, M., dan Mita, W. A.. Pengolahan Air Kelapa Sebagai Nata De Coco, Teknologi Pengolahan Pangan Nabati Tepat Guna, 1, 158, (1991).
- Beguin, P. and Aubert, J. P. 1994. "The Biological Degradation of Cellulose." *FEMS Microbiology Reviews* 13:25–58.
- Chawla, P. R. 2009. Microbial Cellulose : Fermentative production and applications. *Food Technol*, 47, 107–124.
- Damardjati, D. S., Widowati, S, dan Suismono. 1993. Pembinaan Sistem Agroindustri Tepung Kasava Pola Usaha Tani Plasma di Kabupaten Ponorogo. Laporan Penelitian Kerjasama Balittan Sukamandi dengan PT. Petro Aneka Usaha. Sukamandi.
- Dewi. E. 2007. Studi Analisis β -Karoten, Kadar Fenol dan Aktifitas Antioksidan Beberapa Klon Ubi Jalar Kuning dan Orange. Skripsi Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya. Malang.
- Direktorat Gizi dan Kesehatan. 1993. Daftar Komposisi Bahan Makanan. Penerbit Bharata: Jakarta.
- Grossman, R. F dan Nwabunma. 2013. *Biopolymer Nanocomposites: Processing, Properties, and Applications*. John Wiley & Sons.
- Hernawati, A. 1998. *Kajian Pengaruh pH, Jenis dan Konsentrasi Sumber Karbon pada Produksi Selulosa*, Fakultas Teknokogi Pertanian, IPB. Bogor.
- Heryawan, K. 2004. *Pengaruh Konsentrasi Gula dan Lamanya Waktu Fermentasi terhadap Mutu Nata de Pina*, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh.
- Hidayat, N., Dania ,W. A. P., dan Nurika, I. 2006. Membuat Minuman Prebiotik dan Probiotik. Trubus Agrisarana. Surabaya.