

**PENGARUH PENAMBAHAN SORBITOL TERHADAP KUALITAS
PLASTIK *BIODEGRADABLE* BERBASIS SELULOSA BAKTERIAL
DARI LIMBAH KULIT NANAS(*Ananas sativus*)**

SKRIPSI

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



Oleh :

**YOLANDA MARIETTA
1201546 / 2012**

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

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

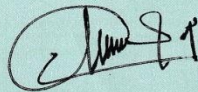
**Pengaruh Penambahan Sorbitol Terhadap Kualitas Plastik
Biodegradable Berbasis Selulosa Bakterial dari Limbah Kulit
Nanas (*Ananas sativus*)**

Nama : Yolanda Marietta
NIM : 1201546
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Februari 2016

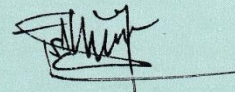
Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I



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

Dosen Pembimbing II



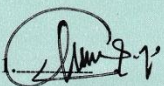
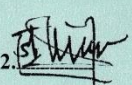
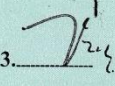
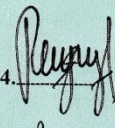
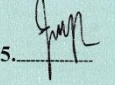
Drs. Bahrizal, M.Si
NIP 1551231 1989003 1 009

HALAMAN PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

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

Judul : Pengaruh Penambahan Sorbitol terhadap Kualitas Plastik
Biodegradable Berbasis Selulosa Bakterial dari Limbah
Kulit Nanas (*Ananas sativus*)
Nama : Yolanda Marietta
TM / NIM : 2012/1201546
Program Studi : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Februari 2016

No.	Jabatan	Tim Penguji Nama	Tanda tangan
1.	Ketua	: Ananda Putra, S.Si., M.Si., Ph.D.	
2.	Sekretaris	: Drs. Bahrizal, M.Si.	
3.	Anggota	: Budhi Oktavia, M.Si., Ph.D.	
4.	Anggota	: Dr. Rahadian. Z, S.Pd., M.Si.	
5.	Anggota	: Sherly Kasuma Warda Ningsih, S.Si., M.Si.	

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Yolanda Marietta
TM / NIM : 2012/1201546
Tempat/Tanggal lahir : Tarusan / 12 Desember 1993
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Alamat : Jl. M. Hatta, Anduring Timur No.38A
No. Hp/ Telpn : 082283469075
Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Sorbitol Terhadap Kualitas Plastik *Biodegradable* Berbasis Selulosa Bakterial dari Limbah Kulit Nanas (*Ananas sativus*)

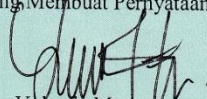
Dengan ini menyatakan bahwa :

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, Februari 2016

Yang Membuat Pernyataan


Yolanda Marietta
NIM 1201546

ABSTRAK

**Yolanda Marietta (2016) : Pengaruh Penambahan Sorbitol Terhadap Plastik
Biodegradable Berbasis Selulosa Bakterial Dari
Limbah Kulit Nanas (*Ananas sativus*)**

Pembuatan plastik *biodegradable* berbasis selulosa bakterial dari limbah kulit nanas telah dilakukan, untuk membuat plastik bersifat plastis dan *biodegradable* dengan menggunakan sorbitol sebagai zat pemlastis. Pembuatan plastik selulosa-sorbitol bakterial (SSB) dilakukan dengan memfermentasikan ekstrak kulit nanas oleh bakteri *Acetobacter xylinum*, dan menambahkan sorbitol dengan beberapa variasi. SSB hasil fermentasi dikempa menggunakan alat kempa panas dengan tekanan 300 psi hingga menjadi lembaran plastik. Plastik SSB dikarakterisasi sifat fisiknya; kandungan air dan derajat pengembangan, sifat mekanik; kekuatan tarik, pemanjangan dan *modulus young*, struktur molekul; analisa gugus fungsi (FTIR) dan derajat kristalinitas, serta kemampuan biodegradasi plastik tersebut. Hasil karakterisasi menunjukkan, persentase kandungan air serta persentase derajat pengembangan plastik SSB meningkat dengan penambahan sorbitol. Untuk kuat tarik maksimum dimiliki oleh plastik dengan penambahan sorbitol 10.5% yaitu sebesar 8.41 kN/m dengan elastisitas sebesar 4.84% dan kemampuan degradasi mencapai 59% hingga hari ke-9. Analisa spektra FTIR menunjukkan tidak terdapat gugus fungsi baru pada plastik SSB. Derajat kristalinitas semakin menurun dengan semakin besarnya konsentrasi sorbitol yang ditambahkan.

Kata kunci : ekstrak kulit nanas, plastik biodegradable, selulosa bakteri, sorbitol.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis. Shalawat dan salam tidak lupa penulis kirimkan untuk nabi besar Muhammad SAW yang telah memberikan tauladan dalam setiap aktivitas yang kita jalani, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Penambahan Sorbitol Terhadap Kualitas Plastik *Biodegradable* Berbasis Selulosa Bakterial Dari Limbah Kulit Nanas (*Ananas sativus*)”**.

Skripsi ini diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan kelulusan mata kuliah Tugas Akhir 2 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.
2. Bapak Drs. Bahrizal, M.Si selaku pembimbing II sekaligus selaku penasehat akademik.
3. Bapak Dr. H. Mawardi, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.
4. Bapak Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Ketua Prodi Kimia Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.

5. Bapak Budhi Oktavia, S. Si., M.Si., Ph.D, Bapak Dr. Rahardian, M. Si, Ibu Sherly Kasuma Warda Ningsih, S.Si., M.Si, selaku tim penguji skripsi Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.
6. Staf Akademik Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.
7. Staf Laboratorium Kimia dan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
8. Staf Laboratorium Manufaktur Produksi, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Bung Hatta.
9. Staf Laboratorium Kopertis Wilayah X, Sumatera Barat
10. Staf Laboratorium Jaminan Kualitas dan Inovasi, PT Semen Padang, Indonesia.
11. Orang Tua penulis yang telah memberikan semangat serta dorongan kepada penulis dalam melakukan aktivitas penelitian.
12. Teman-teman kimia khususnya tahun 2012 yang telah memberikan motivasi, masukan dan dorongan kepada penulis.

Skripsi ini memaparkan tentang pemanfaatan ekstrak limbah kulit nanas sebagai medium dalam pembuatan selulosa bakterial. Selulosa bakterial memiliki sifat unik serta berbeda dari selulosa murni. Perbedaannya adalah memiliki sifat fisik dan mekanik yang lebih baik yang kemudian diaplikasikan menjadi sebuah plastik yang ramah lingkungan.

Untuk kesempurnaan Skripsi dan penelitian yang telah penulis lakukan, 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, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR SINGKATAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Rumusan Masalah	4
1.5. Tujuan Penelitian	4
1.6. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Kulit Nanas	6
2.2. Selulosa	8
2.3. Selulosa Bakterial (SB)	10
2.4. Zat Pemlastis (<i>Plasticizer</i>)	11
2.5. Plastik <i>Biodegradable</i>	13
2.6. Karakterisasi Sifat Fisik Plastik <i>Biodegradable</i>	14
2.6.1. Kandungan Air (<i>Water Content</i>)	14
2.6.2. Derajat Penggembungan (<i>Swelling Test</i>)	14
2.7. Karakterisasi Sifat Mekanik Plastik <i>Biodegradable</i>	15
2.7.1. Kuat Tarik	15
2.7.2. Pemanjangan (Elongasi)	16
2.7.3. Biodegradasi	16
2.8. Karakterisasi Struktur Molekul Plastik <i>Biodegradable</i>	17
2.8.1. <i>Fourier Transform Infra-red</i> (FTIR)	17
2.8.2. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.2. Sampel Penelitian	19
3.3. Variabel Penelitian	19
3.4. Alat dan Bahan	20
3.4.1. Alat	20
3.4.2. Bahan	20
3.5. Prosedur Kerja	20
3.5.1. Pembuatan dan Penyediaan Starter <i>A.xylinum</i> Ekstrak Kulit nanas (EKN)	20
3.5.2. Penyiapan EKN	21
3.5.3. Pembuatan Medium SSB	22

3.5.4. Pembuatan SSB.....	22
3.5.5. Pemurnian Selulosa-Sorbitol (SSB).....	23
3.5.6. Pembuatan Lembaran Plastik SSB.....	23
3.5.7. Pengujian Karakteristik Sifat Fisika Plastik Selulosa-sorbitol bakterial.....	23
3.5.7.1. Uji Kandungan Air.....	23
3.5.7.2. Uji Derajat Penggembungan	24
3.5.8. Karakterisasi Sifat Mekanik Plastik <i>Biodegradable</i>	25
3.5.8.1. Uji Kuat Tarik (<i>Tensile Streght</i>)	25
3.5.8.2. Uji Pemanjangan (<i>Elongasi</i>)	25
3.5.9. Uji Biodegradasi (<i>Soil Burial Test</i>).....	25
3.5.10. Analisa Struktur Molekul Plastik SSB.....	27
3.5.10.1. Analisa Gugus Fungsi Menggunakan FTIR.....	27
3.5.10.2. Kristalinitas Plastik	27
3.6. Desain Penelitian.....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1. Selulosa-Sorbitol Bakterial	29
4.2. Plastik SSB.....	31
4.3. Kandungan Air SSB.....	33
4.4. Derajat Penggembungan Plastik SSB	34
4.5. Analisa Sifat Mekanik Plastik Plastik SSB.....	36
4.5.1. Kuat Tarik	36
4.5.2. Elongasi Plastik SSB.....	37
4.5.3. Modulus Young Plastik SSB.....	39
4.6. Kemampuan Degradasi Plastik Plastik Selulosa Bakteridan Selulosa-Sorbitol Bakterial.	40
4.7. Analisa Gugus Fungsi Selulosa-Sorbitol Bakterial.....	42
4.8. Analisa Kristalinitas Plastik Selulosa-Sorbitol Bakterial.....	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	46
5.1. Kesimpulan	46
5.2. Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN.....	52

DAFTAR TABEL

Tabel	Hal
2.1. Hasil Analisa Kandungan Kulit Nanas.	8
4.1. Perlakuan Terhadap Pembentukan Selulosa-Sorbitol Bakterial.	29
4.2. Panjang Gelombang Puncak Spektra Plastik Selulosa-Sorbitol Bakterial.	43
4.3. Persentase Derajat Kristalinitas Plastik Selulosa-Sorbitol Bakterial.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Hal
2.1. Buah Nanas.....	6
2.2. (A) Dua Unit Rantai Selulosa; Residu D-Glukosa Dalam Ikatan (1-4-B). (B) Skala Gambar Segmen Dua Rantai Selulosa Paralel, Menunjukkan Konformasi Residu D-Glukosa dan Hidrogen Ikatan Silang.	9
2.3. Mekanisme Pembentukan Selulosa Oleh <i>A.Xylinum</i>	10
2.4. Struktur Kimia Sorbitol	12
2.5. Spektrum FT-IR Selulosa Bakterial Murni	17
2.6. Difaktogram Selulosa Bakterial	18
4.1. SSB Setelah Pencucian dan Pemurnian.....	31
4.2. Perbandingan Plastik SSB dengan Beberapa Teknik Pengeringan.	32
4.3. Pengaruh Penambahan Sorbitol terhadap Kadungan Air SSB.....	33
4.4. Pengaruh Penambahan Sorbitol terhadap Derajat Penggembungan Plastik SSB.....	35
4.5. Pengaruh Penambahan Sorbitol terhadap Kemampuan Kuat Tarik SSB.....	36
4.6. Pengaruh Penambahan Sorbitol terhadap Kemampuan Pemanjangan Plastik SSB.....	38
4.7. Pengaruh Penambahan Sorbitol terhadap Nilai <i>Modulus Young</i> Plastik SSB.	39
4.8. Pengaruh Penambahan Sorbitol terhadap Kemampuan Degradasi Plastik SSB	40
4.9. Perbedaan Plastik SSB Sebelum dan Sesudah Terdegradasi.	41
4.10. Spektrum FTIR, Plastik SSB 0%. dan Plastik SSB 10.5%	43
4.11. Difraktogram Plastik SSB 0% dan Plastik SSB 10.5%.....	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Hal
1. Skema Kerja Penyiapan dan Penyediaan Starter <i>A.Xylinum</i>	52
2. Skema Penyiapan Ekstrak Kulit Nanas.....	53
3. Skema Pembuatan Medium	54
4. Skema Kerja Pembuatan Selulosa Bakteri.....	55
5. Skema Kerja Pemurnian SSB	56
6. Skema Kerja Pembuatan Lembaran Plastik.....	57
7. Skema Analisa Kandungan Air (<i>Water Content</i>).....	58
8. Skema Analisa Persentase Derajat Penggembungan	59
9. Skema Analisa Persentase Biodegradasi Plastik SSB.....	60
10. Data Kandungan Air Selulosa-Sorbitol Bakterial.....	61
11. Perhitungan Kandungan Air Selulosa-Sorbitol Bakterial	62
12 . Data Derajat Penggembungan Plastik SSB.....	64
13. Perhitungan Penentuan Derajat Penggembungan Plastik SSB.	65
14. Data Degradasi Plastik SSB.....	67
15. Perhitungan Persentase Degradasi Plastik SSB.....	68
16. Data Mentah Uji Kuat Tarik (<i>Tensile Strength</i>) , Persentase Pemanjangan (Elongasi) Dan Elastisitas (<i>Modulus Young</i>).	70
17. Perhitungan Menghitung <i>Modulus Young</i> (Elastisitas).....	71
18. Spektra FTIR Plastik SSB.....	73
19. Difraktogram XRD Plastik SSB	75
20. Data Dan Perhitungan Penentuan Persentase Derajat Kristalinitas Plastik SSB .	76
21. Dokumentasi Penelitian	77

DAFTAR SINGKATAN

<i>A.xylinum</i>	= <i>Acetobacter xylinum</i>
B _b	= Berat Basah
B _k	= Berat Kering
B _{kn}	= Berat Konstan
DP	= Derajat Penggembungan
EKN	= Ekstrak Kulit Nanas
FTIR	= <i>Fourier Transform Infra Red</i>
KA	= Kandungan Air
NaOH	= Natrium Hidroksida
SB	= Selulosa Bakterial
SSB	= Selulosa-Sorbitol Bakterial
XRD	= <i>X Ray Diffraction</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan zaman yang semakin moderen mengubah pola pikir manusia lebih menginginkan hal-hal yang praktis. Hal tersebut memacu industri untuk berinovasi mengeluarkan produk-produk yang lebih praktis, diantara dengan cara membuat kemasan produk-produk tersebut menggunakan plastik polimer sintetik, karena plastik bersifat ringan, elastis dan mudah digunakan. Semakin banyaknya penggunaan plastik juga diiringi dengan semakin banyaknya limbah plastik yang dihasilkan. Dengan demikian, para produsen yang tidak bertanggung jawab, akan memanfaatkan limbah plastik untuk didaur ulang kembali menjadi alat pengemas tanpa memikirkan dampak negatif yang akan ditimbulkan bagi lingkungan dan bagi kesehatan manusia (Khotimah, 2006).

Plastik merupakan material hasil reaksi polimerisasi dari monomer yang sama membentuk rantai panjang bersifat elastis. Plastik yang banyak digunakan sebagai alat pengemas makanan berasal dari hasil olahan minyak bumi dan gas alam yang dipolimerisasi. Oleh karena itu selain sifat plastik yang *nonbiodegradable*, bahan penyusun plastik juga mengandung zat-zat aditif yang dapat bermigrasi kedalam bahan makanan yang dikemas sehingga dapat membahayakan kesehatan konsumennya (Sopyan, 2001).

Beberapa solusi yang dapat dilakukan untuk mengurangi bahaya yang ditimbulkan oleh plastik, diantaranya melakukan pengembangan plastik *biodegradable* yakni plastik yang mudah terdegradasi. Membuat plastik

biodegradable dapat dilakukan dengan memanfaatkan sumber pati atau karbohidrat. Salah satu sumber pati dapat diperoleh dari limbah organik yang tidak diolah dengan baik yaitu kulit buah nanas (Jannah, 2014).

Nanas merupakan salah satu buah-buahan yang mengandung banyak karbohidrat dan sumber nutrisi lainnya sehingga banyak diminati oleh masyarakat. Namun masyarakat kurang memperhatikan limbah yang dihasilkan. Limbah nanas yang dihasilkan berupa kulit serta bonggol nanas yang dalam keadaan basah, maka dalam waktu yang singkat dapat membusuk dan menghasilkan bau yang kurang sedap serta dapat mengganggu ekosistem disekitarnya (Bartholomew, 2003).

Pasar Raya Padang merupakan salah satu tempat penghasil limbah kulit nanas terbanyak di Kota Padang. Pengolahan limbah kulit nanas menjadi plastik *biodegradable* akan menghasilkan manfaat yang lebih banyak. Untuk menghasilkan plastik yang lebih baik lagi dilakukan penambahan suatu zat pemlastis. Zat pemlastis yang digunakan berasal dari bahan organik yang memiliki berat molekul rendah yang dapat meningkatkan fleksibilitas plastik tersebut.

Pada penelitian ini digunakan zat pemlastis sorbitol, yang diharapkan dapat menghasilkan plastik yang memiliki karakteristik dengan kualitas yang lebih baik dan mudah terdegradasi. Jannah (2014) meneliti pembuatan plastik *biodegradable* dengan penambahan *plasticizer* sorbitol pada air pati ubi kayu. Hasil penelitian tersebut menunjukkan adanya hasil yang baik terhadap sifat mekanik plastik *biodegradable* yang dihasilkan dengan semakin banyak penambahan sorbitol.

Dalam rangka meningkatkan manfaat limbah kulit nanas serta mengurangi bahaya yang dihasilkan plastik berbahan dasar minyak bumi dan gas alam, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang “Pengaruh Penambahan Sorbitol terhadap Kualitas Plastik *Biodegradable* Berbasis Selulosa Bakterial dari Limbah Kulit Nanas (*Ananas sativus*)”

1.2. Identikasi Masalah

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

1. Kulit nanas merupakan limbah yang masih dapat dimanfaatkan karena banyak mengandung karbohidrat dan nutrisi lainnya sehingga dapat dimanfaatkan sebagai media pengembangbiakan bakteri *A.xylinum* yang akan menghasilkan selulosa bakterial.
2. Selulosa bakterial dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan plastik yang ramah lingkungan serta mudah terdegradasi namun karena sifatnya yang kurang elastis menghasilkan plastik yang kurang baik. Untuk mendapatkan plastik yang lebih elastis perlu penambahan zat pemlastis, salah satunya sorbitol.

1.3. Batasan Masalah

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

1. Limbah kulit nanas yang digunakan dalam pembuatan selulosa bakterial berasal dari kulit nanas yang sudah masak.

2. Analisa pengujian karakteristik plastik *biodegradable* berbasis selulosa bakterial dari limbah kulit nanas dengan penambahan *plasticizer* sorbitol yang meliputi uji ketahanan air (*water content*), uji derajat penggembungan (*swelling test*), uji kuat tarik (*Tensile strength*), uji pemanjangan (*elongasi*), uji biodegradasi (*Soil Burial Test*), analisa gugus fungsi FTIR (*Fourier Transform Infra – Red*), dan uji kristalinitas (*X-Ray Diffraction*).
3. Zat pemlastis yang digunakan yaitu sorbitol dengan variasi penambahan (%v/v) 0 %, 3.5%, 7%, 10.5%, 14%.
4. Variasi perlakuan pada penelitian ini yaitu massa sorbitol dan waktu degradasi.

1.4. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pembuatan selulosa bakterial dan pengaruh penambahan sorbitol pada pembuatan plastik *biodegradable* berbasis selulosa bakterial dari limbah kulit nanas.
2. Mengetahui karakteristik dari plastik *biodegradable* berbasis selulosa bakterial dari limbah kulit nanas dengan penambahan *plasticizer* sorbitol.

1.5. Tujuan Penelitian

Secara umum tujuan penelitian adalah untuk mengetahui karakteristik plastik berbasis selulosa bakterial dari limbah kulit nanas dengan penambahan *plasticizer* sorbitol. Secara khusus tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan pengaruh penambahan sorbitol pada pembuatan plastik *biodegradable* berbasis selulosa bakterial dari limbah kulit nanas.

2. Menentukan sifat fisika dan sifat kimia diantaranya persentase (%) air yang dapat diserap, persentase (%) derajat pengembangan plastik, kemampuan kuat tarik (kN/m), persentase (%) pemanjangan, persentase (%) degradasi pada plastik *biodegradable* berbasis selulosa bakterial dari limbah kulit nanas dengan penambahan *plasticizer* sorbitol.
3. Menentukan struktur molekul diantaranya menentukan gugus fungsi menggunakan FTIR, menentukan persentase derajat kristalinitas dengan menggunakan XRD pada plastik *biodegradable* berbasis selulosa bakterial dari limbah kulit nanas dengan penambahan *plasticizer* sorbitol.

1.6. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memanfaatkan limbah kulit nanas yang terbuang percuma dan mengganggu lingkungan serta berbau tidak sedap.
2. Memberi informasi kepada pembaca bahwa sorbitol dapat menjadi *plasticizer* pada plastik *biodegradable* berbasis selulosa bakterial dari limbah kulit nanas..
3. Plastik *biodegradable* berbasis selulosa bakterial yang disintesis dengan penambahan *plasticizer* sorbitol dapat dijadikan study terdahulu dalam pembuatan plastik yang ramah lingkungan dan aman bagi kesehatan.
4. Memberitahu kepada pembaca karakteristik plastik *biodegradable* berbasis selulosa bakterial dari limbah kulit nanas dengan *plasticizer* sorbitol.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kulit Nanas

Nanas (*Ananas sativus*) merupakan jenis tanaman buah berupa semak yang hidup pada iklim tropis. Tumbuhan ini termasuk dalam familia nanas – nanasan (*Famili bromiliaceae*). Perawakan tumbuhannya rendah, dengan 30 atau lebih daun yang panjang, berujung tajam, tersusun dalam bentuk roset mengelilingi batang yang tebal (Bartholomew, 2003).



Gambar 2.1. Buah Nanas (Bartholomew, 2003).

Tanaman nanas yang berusia satu sampai dua tahun, tingginya 50-150 cm, mempunyai tunas yang merayap pada bagian pangkalnya. Daun berkumpul dalam akar, dimana bagian pangkalnya melebar menjadi pelepah. Daun berbentuk seperti pedang, tebal dan liat, dengan panjang 80-120 cm dan lebar 2-6 cm, ujungnya lancip menyerupai duri, bewarna hijau atau hijau kemerahan. Buahnya berbentuk bulat panjang, berdaging dan berwarna hijau, jika masak akan berwarna kuning, rasanya asam sampai manis (Parker, 2004).

Klasifikasi buah nanas adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Divisio : Sphermathophyta
 Kelas : Angiospermae
 Ordo : Bromeliales
 Famili : Bromiliaceae
 Genus : *Ananas*
 Species : *Ananas sativus* (Wikipedia, 2015)

Buah nanas termasuk kedalam buah–buahan yang kaya akan kandungan gula (fruktosa dan maltosa) yang merupakan salah satu jenis karbohidrat dan sumber energi. Selain itu nanas juga mengandung asam buah malat dan sitrat serta memiliki kandungan vitamin C yang tinggi dan mineral–mineral yang diperlukan oleh tubuh (Okonkwo, 2012).

Buah nanas memiliki bagian–bagian yang bersifat buangan, bagian–bagian tersebut antara lain daun, kulit luar, mata dan hati (bonggol). Pada bagian kulit merupakan bagian terluar, memiliki tekstur yang tidak rata, dan banyak terdapat duri kecil pada bagian permukaannya. Bagian mata memiliki bentuk yang agak rata dan banyak terdapat lubang–lubang kecil menyerupai mata. Bagian terakhir yang juga merupakan bahan buangan adalah bonggol yaitu bagian tengah dari buah nanas, memiliki bentuk memanjang sepanjang buah nanas, memiliki tekstur yang agak keras dan rasanya agak manis. Menurut Nadya (2012), PH, Keasaman, serta kelarutan kulit nanas meningkat seiring dengan kematangan buah nanas itu sendiri.

Bagian buangan dari buah nanas yang dapat dimanfaatkan kembali adalah kulit nanas. Di Indonesia kulit nanas sendiri telah banyak dimanfaatkan diantaranya oleh Hatam (2013) menjadikan kulit nanas sebagai penangkal

radikal bebas yang dilakukan dengan metoda soxhelt. Kemudian Simon (2005) dan Ibrahim (2015) juga memanfaatkan kulit nanas sebagai bahan pakan ternak. Pemanfaatan kulit nanas yang telah dilakukan oleh Nurhayati (2010), kulit nanas diolah menjadi *yogurt* serta dilakukan pengujian peningkatan protein dari serat kulit nanas tersebut. Kebanyakan diantara pengolahan limbah kulit nanas ini digunakan sebagai pakan hewan ternak yang hanya menggunakan limbah kering dari kulit nanas atau yang sering disebut dengan ampas.

Tabel 2.1. Hasil Analisa Kandungan Kulit nanas.

Kandungan	Komposisi (%)
Air	81,72
Serat kasar	20,87
Karbohidrat	17,53
Protein	4,41
Gula reduksi	13,65

Wijana,dkk(1991)

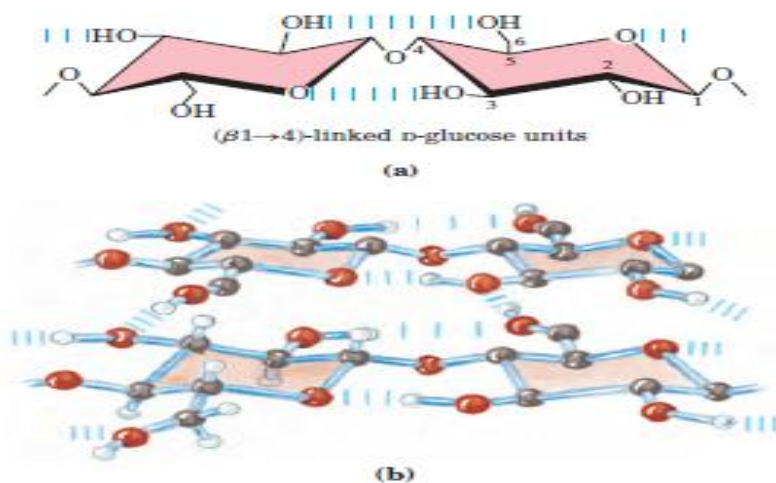
Mengingat kandungan karbohidrat dan gula yang cukup tinggi pada kulit nanas. Maka memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan plastik *biodegradable* dengan metoda fermentasi material selulosa bakterial.

2.2. Selulosa

Selulosa adalah polimer yang sangat banyak terdapat dalam karena keberadaannya sebagai pembentuk dinding sel tumbuhan. Monomer penyusun selulosa adalah D-glukosa dengan rumus molekul ($C_6H_{10}O_6$). Selulosa adalah polimer linier yang bersifat tidak termoplastik karena memiliki ikatan hidrogen yang sangat luas sehingga tidak memungkinkan untuk molekulnya bergerak pada saat polimer mencair (Nicholson, 2006).

Selulosa merupakan salah satu polimer alam yang paling sederhana karena terdiri atas satu unit tunggal D-glukosa yang membentuk rantai panjang dengan ikatan 1-4- β -glikosidik. Selulosa sangat banyak ditemukan di alam karena selulosa merupakan konstituen utama penyusun dinding sel tumbuh-tumbuhan (Sopyan, 2001).

Selulosa adalah polisakarida struktural yang merupakan komponen utama dari dinding sel tumbuh – tumbuhan yang bersifat kaku. Batang dan cabang tumbuhan sebagian besar disusun oleh selulosa. Ukuran selulosa bervariasi mulai dari 300 sampai dengan 15.000 lebih residu glukosa. Tumbuhan yang hampir seluruhnya tersusun oleh selulosa yaitu kapas. Karena kekuatannya selulosa dimanfaatkan sebagai komponen bahan sintetik termasuk plastik dan rayon (Horton, 2006).

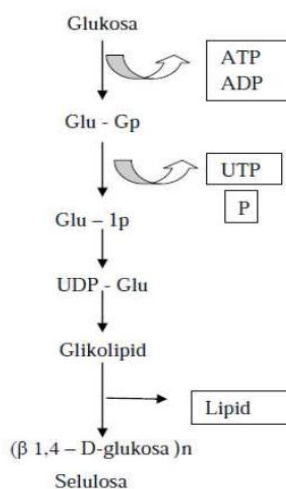


Gambar 2.2. (a) Dua unit rantai selulosa; residu D-glukosa dalam ikatan(1-4- β).
 (b) Skala gambar segmen dua rantai selulosa paralel, menunjukkan konformasi residu D-glukosa dan hidrogen ikatan silang.
 (Lehninger, 1994)

2.3. Selulosa Bakterial (SB)

Selulosa bakterial merupakan selulosa yang dihasilkan dari proses fermentasi oleh bakteri *A.xylinum*, yaitu bakteri yang bersifat non patogen. Selulosa bakterial yang disintesis oleh bakteri, pada umumnya disintesis oleh *Glucon A.xylinum* dan biasa disebut dengan bakteri *A.xylinum* (Hameed *et.al*, 2012).

A.xylinum adalah bakteri yang akan mengkonversi monosakarida dan disakarida menjadi selulosa. Bakteri ini akan mengeluarkan sejumlah besar selulosa sebagai mikrofibril dari setiap situs sintesis dan bergabung untuk membentuk pita besar selulosa dalam medium pertumbuhan (Keshk, 2014).



Gambar 2.3. Mekanisme Pembentukan Selulosa Oleh *A.Xylinum* (Rizal, 2013)

A.xylinum tergolong *Family pseudomonas* dan genus *Acetobacter*. Bakteri ini membentuk asam dari glukosa, etil alkohol, propil alkohol, atau glikol serta mengoksidasi asam asetat menjadi CO₂ dan air. Sifat spesifik dari bakteri ini adalah kemampuan membentuk lapisan tebal pada permukaan media fermentasi yang menyerupai selulosa (selulosa bakterial).

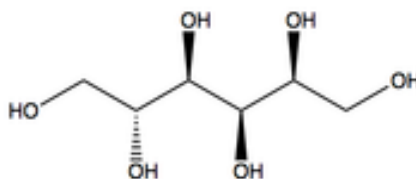
Selulosa bakterial (SB) merupakan polisakarida berantai lurus yang tersusun oleh molekul D-glukosa melalui ikatan β -1,4 glikosida. Penelitian menunjukkan bahwa SB secara kimia identik dengan selulosa tanaman, tetapi secara struktur makromolekular karakteristiknya berbeda dengan selulosa (Yin *et.al*, 2014). Rangkaian struktur SB dibangun oleh mikrofibril berdiameter sekitar 2-4 nm dan selanjutnya membangun serat dengan ukuran sekitar 100 nm, membentuk suatu *bundles* dan akhirnya terbentuk seperti pita (Cavka *et.al*, 2013).

Benang-benang halus yang berupa serat-serat yang dibentuk oleh bakteri, mempunyai diameter yang lebih kecil dibandingkan serat selulosa tumbuhan dan serat ini terikat oleh mikrofibril-mikrofibril yang mempunyai diameter 2-4 nm (Cavka *et.al*, 2013). SB yang dihasilkan dari proses fermentasi, mempunyai sifat fisik yang lebih bagus dibandingkan dengan selulosa tanaman, seperti daya serap air yang tinggi, kristalinitas tinggi, elastinitas besar, biokompatibilitas yang sangat baik dan kemurnian yang tinggi (Suwanposri *et.al*, 2013).

2.4. Zat Pemlastis (*Plasticizer*)

Plasticizer merupakan bahan organik dengan berat molekul rendah, bersifat non volatil, bertitik didih tinggi serta dapat merubah sifat suatu material. Penambahan *plasticizer* dapat memperlemah kekuatan dari polimer serta dapat meningkatkan fleksibilitas dan ekstensibilitas polimer. *Plasticizer* umumnya diklasifikasikan berdasarkan komposisi kimianya karena akan lebih mudah untuk memahami pengaruh struktur unsur pada sifat *plasticizer* dan dampaknya pada material yang mengandung *plasticizer* didalamnya (Wipich, 2004)

Penambahan *plasticizer* dapat membantu mengurangi kerapuhan pada film plastik serta meningkatkan fleksibilitas. Jenis *plasticizer* dan konsentrasi yang berbeda berpengaruh pada ketebalan film, kepadatan, kandungan air serta kelenturan film (Senyang, 2015).



Gambar 2.4. Struktur Kimia Sorbitol (Listianingrum, 2010)

Sorbitol memiliki struktur yang mirip dengan glukosa sehingga terjadi interaksi antar molekul yang kuat antara sorbitol dan polimer (Senyang, 2015). Sorbitol adalah senyawa monosakarida *polyhidric alcohol*. Nama kimia lain dari sorbitol adalah hexitol atau glusitol dengan rumus kimia $C_6H_{14}O_6$. Struktur molekul sorbitol mirip dengan struktur molekul glukosa hanya saja yang berbeda gugus aldehyd pada glukosa diganti menjadi gugus alkohol.

Zat ini berupa bubuk kristal berwarna putih yang higroskopis, tidak berbau dan berasa manis, sorbitol larut dalam air, gliserol, *propylene glycol*, serta sedikit larut dalam metanol, etanol, asam asetat, *phenol* dan *acetamida*. Namun tidak larut hampir dalam semua pelarut organik.

Sorbitol dapat mempertahankan kelembaban bahan makanan, cukup stabil, tidak reaktif dan mampu bertahan pada suhu yang tinggi, dan juga sorbitol memiliki permeabilitas yang tinggi terhadap uap air. (Bourtoom, 2007). Sorbitol memiliki rantai yang lebih panjang dibanding *plasticizer* gliserol sehingga

memberikan pengaruh pada kekuatan tarik dan elongasi yang lebih baik dibanding gliserol (Jaya, 2010).

2.5. Plastik *Biodegradable*

Mengingat bahaya yang ditimbulkan oleh plastik maka perlu adanya alternatif plastik yang ramah lingkungan dan aman bagi kesehatan. Plastik *biodegradable* adalah salah satu solusi untuk mengatasi bahaya dari plastik sintetik karena plastik *biodegradable* dapat terdegradasi dalam waktu singkat dibandingkan plastik sintetik. Selain itu bahan dasar dan zat aditif dalam pembuatan plastik *biodegradable* berasal dari bahan alam. Beberapa contoh bahan dasar dari alam seperti nata, pati *aloe vera* dan lain lain (Schanabel, 1981).

Berdasarkan bahan baku yang digunakan plastik *biodegradable* dapat dikelompokkan menjadi 2, yaitu kelompok dengan bahan baku petrokimia (*non renewable resources*) dengan bahan aditif dari senyawa bioaktif yang bersifat *biodegradable*. Kelompok kedua adalah semua bahan bakunya berasal dari sumber daya alam terbarukan (*renewable resources*), seperti pati dan selulosa dari tumbuhan dan dari hewan seperti cangkang atau mikroorganisme.

Degradasi merupakan pemutusan atau pemotongan rantai-rantai polimer menjadi monomer-monomer penyusunnya. Degradasi juga dapat dinyatakan dengan penurunan ukuran rantai polimer (Domb, 1997). Metoda umum untuk meningkatkan degradasi diantaranya fotodegradasi dan biodegradasi. Fotodegradasi merupakan metode penggabungan kelompok karbon dengan penambahan aditif fotosintetik. Sedangkan biodegradasi merupakan metode penggabungan aditif pati (Carlee, 1991).

Pembuatan plastik *biodegradable* berbasis selulosa bakterial cukup banyak dilakukan oleh peneliti, pertama oleh Jannah (2014) peneliti dari Universitas Negeri Padang, pengaruh penambahan gula jagung terhadap karakterisasi dan degradasi plastik *biodegradable* air pati ubi kayu (*Manihot utilisina*) dimana penambahan gula jagung mempengaruhi kuat lentur plastik yang dihasilkan, semakin banyak gula jagung yang ditambahkan maka nilai kuat lentur semakin meningkat. Kedua oleh Devira (2014), plastik *biodegradable* juga dapat dibuat dari *nata de soya* dengan penambahan zat aditif gliserol dan minyak sawit, memiliki daya degradasi yang baik pada plastik yang direndam dengan campuran zat aditif variasi komposisi 10 mL gliserol, 5 mL minyak sawit dan 15 mL gum arab selama 8 hari yaitu terdegradasi 87%.

2.6.Karakterisasi Sifat Fisik Plastik *Biodegradable*

2.6.1. Kandungan Air (*Water Content*)

Kandungan air merupakan salah satu analisa sifat fisik untuk menentukan jumlah air yang terkandung didalam selulosa bakterial. Kandungan air sangat diperlukan untuk mengetahui sifat dan kualitas dari selulosa bakterial tersebut. Kandungan air dapat ditentukan melalui persamaan berikut :

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

Dimana:

KA = Kandungan Air

B_b = berat SB basah

B_k = berat SB kering

2.6.2. Derajat Penggembungan (*Swelling Test*)

Derajat penggembungan berarti kemampuan suatu gel untuk menyerap cairan sampai terjadi kesetimbangan. Derajat penggembungan yang tinggi mengindikasikan material tersebut telah mengalami perubahan struktural akibat mengabsorpsi cairan. Derajat penggembungan juga dapat digunakan untuk mengetahui tingkat hidrofilisitas dan hidrofobisitas suatu membran (Yuniarti, 2012).

Umumnya polimer yang bersifat polar memiliki nilai penyerapan air yang tinggi. Hal ini disebabkan karena polimer tersebut mempunyai ikatan hidrogen yang besar. Uji ketahanan air adalah uji yang dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan daya serap plastik terhadap air.

2.7.Karakterisasi Sifat Mekanik Plastik *Biodegradable*

2.7.1. Kuat Tarik

Kuat tarik (*tensile strength*) merupakan tegangan maksimum yang bisa ditahan oleh sebuah bahan ketika diregangkan atau ditarik, sebelum bahan tersebut patah. Kekuatan tarik umumnya dapat dicari dengan melakukan uji tarik dan mencatat perubahan regangan dan tegangan. Titik tertinggi dari kurva tegangan-regangan disebut dengan kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*). Nilainya tidak bergantung pada ukuran bahan, melainkan karena faktor jenis bahan. Faktor lainnya yang dapat mempengaruhi seperti keberadaan zat pengotor dalam bahan, temperatur dan kelembaban lingkungan pengujian, dan penyiapan spesimen. Kuat tarik merupakan salah satu uji untuk mengetahui tegangan maksimum suatu bahan kuat tarik pada plastik *biodegradable*

dipengaruhi oleh komponen penyusunnya seperti pati dan zat *plasticizer* (Utami, 2014).

2.7.2. Pemanjangan (Elongasi)

Elongasi merupakan perubahan panjang material sampai material tersebut putus akibat menerima gaya renggangan pada pengujian kuat tarik. Persentase elongasi berbanding lurus dengan persentase kuat tarik. Nilai elongasi atau persentase pemanjangan juga dapat diartikan sebagai perubahan panjang maksimal suatu plastik sampai terputus. Nilai elongasi suatu plastik akan menentukan kualitas plastik tersebut. Semakin tinggi persentase elongasinya maka semakin baik plastik tersebut.

2.7.3. Biodegradasi

Metode kuantitatif yang paling sederhana untuk mengkarakterisasi terjadinya biodegradasi suatu polimer adalah dengan menentukan kehilangan massa dan degradabilitas material polimer (Hatakeyama, 1998). Kehilangan massa ditentukan dengan cara menimbang massa polimer sebelum dan setelah proses biodegradasi selama selang waktu tertentu. Kehilangan massa sesungguhnya dapat dihitung dengan memasukkan faktor koreksi massa pada massa sampel awal sebelum proses biodegradasi, yang dapat diperoleh dari kontrol negatif. Untuk mengetahui massa sampel awal sesungguhnya sebelum mengalami proses biodegradasi, maka perlu disiapkan suatu kontrol negatif bagi polimer yang akan dibiodegradasi.

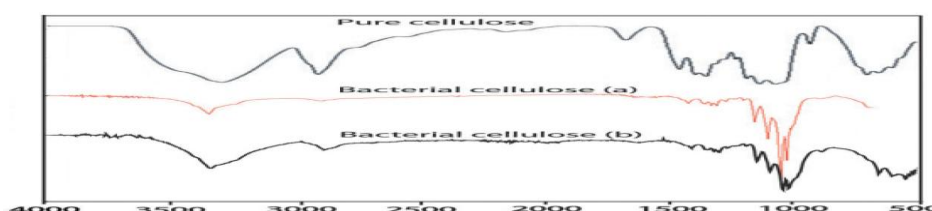
Polimer dapat bersifat *biodegradable* ketika polimer tersebut dapat terurai secara alami. Kecepatan biodegradasi tergantung pada kelembaban, jumlah dan

tipe mikroba. Mikroorganisme mempunyai kemampuan memproduksi bermacam–macam enzim yang dapat bereaksi dengan polimer alam (Schanabel, 1981).

2.8.Karakterisasi Struktur Molekul Plastik *Biodegradable*.

2.8.1. *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

Spektroskopi FTIR merupakan suatu metode analisa yang digunakan untuk karakterisasi bahan polimer dan analisa gugus fungsi. Dengan cara menentukan dan merekam hasil spectra residu dengan serapan energi oleh molekul organik dalam sinar infra merah. Setiap gugus dalam molekul umumnya memiliki karakteristik sendiri sehingga spektroskopi FTIR dapat digunakan untuk mendeteksi gugus yang spesifik pada bakterial selulosa yang dihasilkan (Fawcett, 1996)



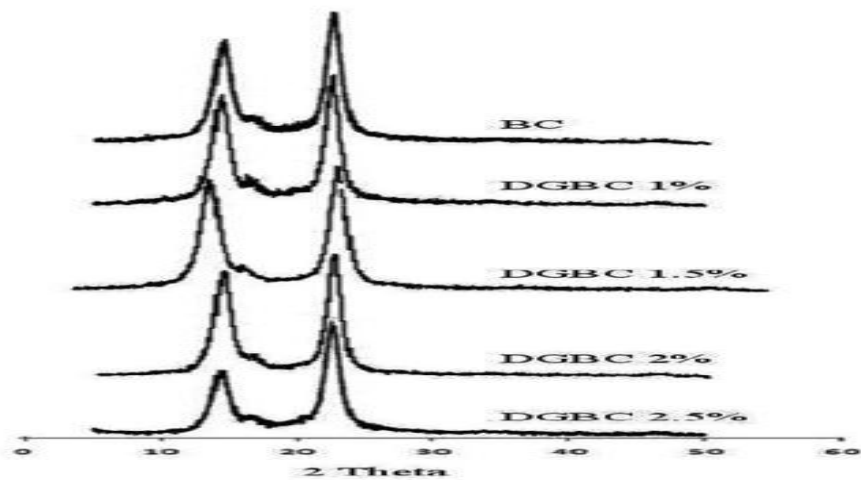
Gambar 2.5. Spektrum FT-IR Selulosa Bakterial Murni (Halib, 2012).

2.8.2. *X-Ray Diffraction (XRD)*

Analisa menggunakan radiasi inframerah telah menjadi salah satu alat analisa kimia yang sangat penting dalam menganalisa dan mengidentifikasi polimer. Selain itu analisa menggunakan radiasi inframerah juga sangat penting dalam pemantauan degradasi polimer (Schnabel, W. 2007).

Metode difraksi sinar X dapat digunakan untuk mengetahui struktur dari lapisan tipis yang terbentuk. Sampel diletakan pada sampel holder difraktometer sinar X. Proses difraksi sinar X dimulai dengan menyelakan difraktometer

sehingga diperoleh hasil difraksi berupa difraktogram yang menyatakan hubungan antara sudut difraksi dengan intensitas sinar X yang dipantulkan. Untuk difraktometer sinar X, sinar X terpancar dari tabung sinar X. Sinar X ditangkap oleh detektor sintilator dan diubah menjadi sinyal listrik. Sinyal listrik tersebut, setelah dieliminasi komponen *noise*-nya, dihitung sebagai analisa pulsa tinggi.



Gambar 2.6. Difraktogram Selulosa Bakterial (Karina, 2012)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh penambahan *plasticizer* sorbitol terhadap pembuatan plastik SSB terlihat dari perbedaan waktu fermentasi yang dibutuhkan, semakin banyak sorbitol yang ditambahkan semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk fermentasi. Penambahan sorbitol juga berpengaruh terhadap wujud SSB yang dihasilkan, dimana struktur SSB 0 % lebih padat dibandingkan dengan SSB 3.5 %, 7 %, 10.5 % dan 14 %. Semakin banyak sorbitol yang ditambahkan semakin lunak struktur selulosa yang dihasilkan.
2. Semakin besar konsentrasi sorbitol maka perentase kandungan air dan persentase derajat pengembungan SSB semakin meningkat. Kekuatan tarik plastik, juga meningkat dan maksimum pada plastik SSB 10.5%. Kemampuan pemanjangan plastik SSB meningkat seiring semakin besarnya konsentrasi sorbitol yang ditambahkan dan mengalami kondisi optimum pada plastik SSB 10.5%. *Modulus young* maksimal berada pada plastik SSB 10.5%. Semakin besarnya konsentrasi sorbitol yang ditambahkan juga semakin meningkatkan kemampuan plastik terdegradasi.
3. Spektra FTIR menunjukan adanya gugus fungsi selulosa, namun tidak menunjukan adanya gugus fungsi baru pada plastik dengan penambahan

sorbitol. Data derajat kristalinitas menunjukan dengan penambahan sorbitol dapat menurunkan derajat kristalinitas plastik .

5.2. Saran.

1. Penelitian ini memerlukan kajian lebih lanjut mengenai karakterisasi morfologi permukaan menggunakan SEM untuk menentukan permukaan plastik yang dihasilkan serta untuk mengetahui posisi sorbitol didalam plastik selulosa-sorbitol bakterial.
2. Penelitian ini memerlukan perlakuan lebih lanjut untuk mendapatkan plastik yang lebih baik dengan menggunakan pemlastis sorbitol.
3. Penelitian ini dapat menggunakan pemlastis lain selain sorbitol untuk mendapatkan plastik yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Bartholomew, D.P., et al. 2003. *The Pineapple – Botany, Production And Uses*. USA: CABI Publishing.
- Bourtoom, T. 2007. *Plasticizer Effect On The Properties Of Biodegradable Blend Film From Rice Strach-Chitosan*. *Songklanakarin Journal Of Science And Tecnology*. 30 (Suppl.1), 149-155, 2008
- Cavka, A. et al. 2013. *Production Of Bacterial Cellulose And Enzyme From Waste Fiber Sludge*. *Biotechnology For Biofuels*. Vol. 6:25
- Ciolacu, Diana., et al. 2010. *Amorphous Cellulose Structure And Characterization*. Institute Of Macromolecular Chemistry Iasi, Romania
- Curlee, T. Randall. 1991. *Plastic Waste*. USA: Noyes Cooperation.
- Devira, citra . 2014. *Karakterisasi Plastik Biodegradable Berbasis Nata De Soya Dengan Zat Aditif Gliserol Dan Minyak Sawit*. Universitas negeri padang. Padang
- Domb, A J., et al. 1997. *Hanbook Of Biodegradable Polymer*. Amsterdam : OPA (Overseas Publisher Association).
- Elsya, Suci Aulia Rahmi. 2015. *Pembuatan Dan Karakterisasi Selulosa Bakteri Dari Ekstrak Nanas (Ananas Comosus)*. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Padang.
- Fawcett, A H. 1996. *Polymer Spectroscopy*. New York : John Wiley & Sons.
- Ghaffari, A., et al. 2007. *Preparation and characterization of free mixed-film of pectin/ chitosan/Eudragit® RS intended for sigmoidal drug delivery*. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics* 67: 175–186.
- Halib, N., et al. 2012. *Physicochemical Properties And Characterization Of Nata De Coco From Local Food Industries As A Source Of Cellulose*. *Sains Malaysiana* 41(2): 205–211
- Hameed, N, D., et al. 2012. “*Enhancement And Optimization Of Cellulose Production By Gluconacetobacter Xylinus N2*”. *Scientific Journal Of King Faisal University* 13(2):1433.
- Harahap, A.P. 2009. *Pelapisan Melon Menggunakan Film Edible Dari Pati Ubi Kayu Dengan Penambahan Sorbitol Sebagai Zat Pemplastis*. Medan: Skripsi