Bidang Unggulan PT : Sains dan Teknologi
Kode / Nama Rumpun Ilmu : 112 / Kimia

LAPORAN TAHUNAN

PENELITIAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI

Pengembangan dan Karakterisasi Biomaterial Berbasiskan Mikrobial Selulosa Sebagai Material Pengganti Alternatif

Tahunk ke 1 dari rencana 3 tahun

TIM PENGUSUL

Ananda Putra, S.Si, M.Si, Ph.D (Ketua Peneliti)
NIDN: 0027017204
Professor Ali Amran, M.Pd, M.A, Ph.D (Anggota)
NIDN: 0022104701
Drs. Iswendi, M.S (Anggota)
NIDN:0026026206

Surat Penugasan Pelaksanaan Hibah Penelitian

Skema Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2015

No: 246/UN35.2/PG/2015 tanggal 27 Maret 2015

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

Oktober 2015 2015

HALAMAN PENGESAHAN

Judul	: Pengembangan dan Karakterisasi Biomaterial Berbasiskan Mikrobial Selulosa Sebagai Material Pengganti Alternatif
Peneliti/Pelaksana	
Nama Lengkap	: ANANDA PUTRA M.Si, Ph.D.
Perguruan Tinggi	: Universitas Negeri Padang
NIDN	: 0027017204
Jabatan Fungsional	: Asisten Ahli
Program Studi	: Kimia
Nomor HP	: 081267996647
Alamat surel (e-mail)	: anandap@fmipa.unp.ac.id
Anggota (1)	
Nama Lengkap	: Prof. ALI AMRAN M.Pd., M.A., Ph.D.
NIDN	: 0022104701
Perguruan Tinggi	: Universitas Negeri Padang
Anggota (2)	
Nama Lengkap	: Drs. ISWENDI M.S.
NIDN	: 0026026206
Perguruan Tinggi	: Universitas Negeri Padang
Institusi Mitra (jika ada)	
Nama Institusi Mitra	: -
Alamat	: -
Penanggung Jawab	: -
Tahun Pelaksanaan	: Tahun ke 1 dari rencana 3 tahun
Biaya Tahun Berjalan	: Rp 52.000.000,00
Biaya Keseluruhan	: Rp 225.000.000,00

Mengetahui,
Dekan FMIPA UNP

(Prof. Dr. H. Lufri, M.S)
NIP/NIK 196105101987031020

Padang, 31 - 10 - 2015
Ketua,

(ANANDA PUTRA M.Si, Ph.D.)
NIP/NIK 197201721997010 02

Menyetujui,
Ketua Lemlit UNP

(Dr. H. Alwen Bentri, M.Pd)
NIP/NIK 196107221986021002

RINGKASAN

Pada tahun pertama penelitian ini difokuskan dalam mengembangkan pembuatan dan karakterisasi mikrobial selulosa, MC yang mempunyai sifat fisik dan mekanik yang kuat dengan bahan dasar limbah dan ekstrak dari tanaman/buah-buahan yang ada di Sumatera Barat (limbah air kelapa dan limbah air tahu, ekstrak ubi, tebu, nanas, tomat, bengkuang) yang dapat digunakan sebagai bahan dasar pengganti alternatif dalam bidang biomedis. Sampai pada tahap pelaporan penelitian tahun pertama ini, kami telah menyelesaikan pembuatan tujuh jenis MC dengan bahan dasar yang berbeda serta beberapa karakterisasinya seperti karakterisasi sifat fisik dan struktur (ketebalan, kandungan air (*water content*), dan penggembungan (*swelling*), *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan *x-ray diffraction* (XRD)). Karakterisasi Morfologi dengan *scanning electron microscope* (SEM), Uji Tarik sedang berlangsung sampai pada saat penulisan laporan ini.

Tujuan penelitian tahun pertama adalah 1) Menentukan struktur dan sifat fisik MC yang diproduksi dari limbah dan ekstrak dari tanaman/buah-buahan dengan dan tanpa penambahan gula sebagai sumber karbon. Selanjutnya 2) Menentukan pengaruh konsentrasi larutan NaOH dan NH_4OH sebagai media perendam pada temperatur kamar selama 24 jam dan temperatur 85°C selama 2 jam dalam proses pemurnian MC dari limbah limbah air kelapa dan limbah air tahu dan ekstrak tanaman/buah-buahan yang ada di Sumatera Barat seperti; ekstrak ubi, tebu, nanas, tomat, bengkuang terhadap struktur serta sifat fisiknya. Selanjutnya mempreparasi MC dengan fibril terorientasi, dan preparasi serta moldifikasi MC berbentuk tabung/silinder.

Hasil penelitian yang menunjukkan bahwa ketebalan MC dipengaruhi oleh adanya jenis bahan dasar limbah atau ekstrak tanaman/buah-buahan serta ada atau tidaknya penambahan gula sebagai sumber karbon. Persentase kadar air MC dengan penembahan gula, SBDPG lebih rendah dibandingkan MC tanpa penambahan gula, SBTPG, sedangkan persentase derajat penggembungan SBTPG lebih besar dibandingkan SBDPG. Hasil spektra FTIR pada SBDPG dan SBTPG menunjukkan adanya gugus fungsi selulosa. Dari data XRD, derajat kristalinitas SBDPG lebih tinggi dibandingkan SBTPG dan tidak terjadi perubahan struktur selulosa I.

Selanjutnya medium perendam NaOH baik suhu kamar maupun suhu 85°C mempengaruhi sifat fisik MC**.** Ketebalan MC baik dengan penambahan gula maupun tanpa penambahan gula, pada umumnya mengalami penurunan dengan meningkatnya konsentrasi media perendam NaOH. Persentase kadar air, derajat penggembungan SBDPG setelah perendaman dengan NaOH lebih rendah dibandingkan SBTPG. Hasil spektra FTIR pada SBDPG dan SBTPG menunjukkan adanya gugus fungsi selulosa. Spektra FTIR SBTPG menunjukkan penurunan tajam pada intensitas serapan gugus OH. Data XRD, menunjukkan derajat kristalinitas SBDPG lebih tinggi dibandingkan SBTPG, dan perubahan struktur selulosa I manjadi selulosa II.pada SBDPG.

Pada medium perendam NH_4OH baik suhu kamar maupun suhu 85°C tidak signifikan mempengaruhi sifat fisik dan strukturnya, tetapi tendensi perubahan ketebalan, persentase kadar air, derajat penggembungan, hasil spektra FTIR dan XRD sama dengan perendaman dengan medium NaOH, tetapi tidak terjadi perubahan struktur selulosa I ke selulosa II

PENGANTAR

Kegiatan penelitian dapat mendukung pengembangan ilmu pengetahuan serta terapannya. Dalam hal ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang berusaha mendorong dosen untuk melakukan penelitian sebagai bagian internal dari kegiatan Tri Dharma Perguruan Tinggi, baik yang secara lansung dibiayai dengan dana Universitas Negeri Padang, BOPTN maupun dari sumber lain yang relevan atau bekerja sama dengan instansi terkait.

Sehubungan dengan itu, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang bekerja sama dengan Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Ditjen Dikti Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI telah mendanai skema **Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi** yang berjudul ***Pengembangan dan Karakterisasi Biomaterial Berbasiskan Mikrobial Selulosa Sebagai Material Pengganti Alternatif*** atas nama ANANDA PUTRA, M.Si, Ph.D., dibiayai oleh DIPA Dirjen Dikti Kemendikbud sesuai dengan Surat Penugasan Hibah Skema Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi melalui DIPA (Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran) Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan nomor: 023.04.1.673453/ 2015 tanggal 14 November 2014.

Kami menyambut gembira usaha yang dilakukan peneliti untuk menjawab berbagai permasalahan pembangunan, khususnya yang berkaitan dengan permasalahan penelitian tersebut di atas. Dengan selesainya penelitian ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang telah dapat memberikan informasi yang dapat dipakai sebagai bagian upaya penting dalam peningkatan mutu pendidikan pada umumnya. Di samping itu, hasil penelitian ini juga diharapkan memberikan masukan bagi instansi terkait dalam rangka penyusunan kebijakan pembangunan.

Hasil penelitian ini telah ditelaah oleh tim pembahas usul dan laporan hasil penelitian. Mudah-mudahan penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pada umumnya, dan peningkatan mutu staf akademik Universitas Negeri Padang.

Pada kesempatan ini, kami ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang membantu pelaksanaan penelitian ini. Secara khusus, kami menyampaikan terima kasih kepada Direktur Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Ditjen Dikti Kemendikbud yang telah memberikan dana untuk pelaksanaan penelitian tahun 2015. Kami yakin tanpa dedikasi dan kerja sama yang baik dari Ditlitabmas, penelitian ini tidak dapat diselesaikan sebagaimana yang diharapkan. Semoga hal yang demikian akan lebih baik lagi di masa yang akan datang.

Terima kasih.

Padang, November 2015
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Negeri Padang

Dr. Alwen Bentri, M.Pd.
NIP. 19610722 198602 1 002

DAFTAR ISI

	hal
HALAMAN PENGESAHAN	i
RINGKASAN	ii
PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
LAMPIRAN	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Selulosa	3
2.2. Penggembungan dan pengeringan selulosa	4
2.3. Degradasi selulosa	5
2.4. Mikrobial selulos	5
2.5. Acetobacter xylinum	7
2.6. Struktur dan Sifat Fisik MC	8
2.7. Karakterisasi MC	9
2.7.1. Sifat Fisik MC	9
2.7.2. Karakterisasi Struktur SB	11
2.7.3. Karakterisasi sifat mekanik MC	11
2.7.4. Morfologi membran	12
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	13
3.1. Tujuan Penelitian	13
3.1.1. Tujuan umum	13
3.2. Tujuan Khusus Penelitian Tahun Pertama	14
3.3. Manfaat Penelitian	14
BAB 4. METODE PENELITIAN	15

4.1 Material 15
4.2. Pelaksanaan Penelitian 15
4.2.1. Objek penelitian 15
4.2.2. Variabel Penelitian 15
4.2.3 Pembuatan/ Penyediaan Starter *A. xylinum* 16
4.2.4. Penyiapan Medium 16
4.2.5. Pembuatan MC 16
4.2.6. Pemurnian MC 16
4.2.7. Karakterisasi MC 17
BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN 20
5.1. Ketebalan MC 20
5.2. Pemurnian MC 52
5.3. Karakterisasi MC 53
5.3.1. Pengaruh Media Perendaman terhadap Ketebalan MC 53
5.3.2. Analisis Kandungan Air (*Water Content*) MC 25
5.3.3. Analisis Derajat Penggembungan (*Swelling*) Membran MC 29
5.4. Analisis Struktur Membran MC 32
5.4.1. Analisa Fourier Transform Infrared (FTIR) 32
5.4.2. Analisa Difraksi Sinar-X (XRD) 37
BAB 6. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA 41
BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN 42
7.1. Kesimpulan 42
7.2. SARAN 43
DAFTAR PUSTAKA 44
LAMPIRAN 47

DAFTAR TABEL

Tabel	hal
5.1 Derajat kristalinitas membran MC	39
5.2 Ukuran Kristal MC	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar	hal
2.1. Struktur Selulosa	3
2.2. Perbedaan struktur antara a) selulosa tumbuhan dengan b) selulosa bacterial	6
2.3. Mekanisme pembentukan selulosa oleh A. xylinum	6
2.4. Bentuk bakteri A. xylinum	7
2.5. Struktur selulosa Iα dan Iβ	8
2.6. Rancangan peta jalan penelitian tiga tahun penelitian unggulan perguruan tinggi dari dana Direktorat Pendidikan Tinggi Tahun 2015	19
5.1. MC hasil pemurnian dengan NaOH dan NH_4OH	21
5.2. Reaksi SB dengan NaOH	22
5.3. Reaksi MC dengan NH_4OH	22
5.4. Pengaruh konsentrasi larutan NaOH terhadap ketebalan SBDPG dan SBTPG (cm).	23
5.5. Pengaruh konsentrasi NH_4OH terhadap ketebalan SBDPG dan SBTPG (cm)	25
5.6. Pengaruh Konsentrasi NaOH terhadap kandungan air MC	26
5.7. Pengaruh Konsentrasi NH_4OH terhadap kandungan air MC	28
5.8. Pengaruh Konsentrasi NaOH terhadap derajat penggembungan MC	30
5.9. Pengaruh Konsentrasi NH_4OH terhadap derajat penggembungan MC	32
5.10. Spektrum FT-IR SBDPG 0%	33
5.11. Spektrum FT-IR SBTPG 0%	33
5.12. Spektrum FT-IR SBDPG N20%	34
5.13. Spektrum FT-IR SBTPG N 20%	35
5.14. Spektrum FT-IR SBDPG A20%	36
5.15. Spektrum FT-IR SBTPG A20%	36
5.16. Pola difraksi sinar-X membran MC	38
5.17. Pola difraksi sinar-X (a) hasil penelitian dan (b) selulosa I, II, III, IV dan selulosa amorf	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

1. Dukungan sarana dan prasarana pendukung penelitian

2. Susunan Organisasi Tim Peneliti dan Pembagian Tugas

3. Formulir evaluasi atas capaian luaran kegiatan

BAB 1 PENDAHULUAN

Mikrobial selulosa (MC) merupakan jenis biomaterial golongan selulosa yang mempunyai struktur network mikrofibril tidak terorientasi yang merupakan produk fermentasi menggunakan mikroorganisme seperti *Acetobacter xylinum*. Walaupun komposisi kimianya identik dengan selulosa yang berasal dari tumbuhan, tetapi struktur, sifat fisik dan mekaniknya sangat berbeda. MC ini merupakan selulosa murni bebas dari lignin dan hemiselulosa, mempunyai sifat fisik dan mekanik yang kuat seperti kristalinitas yang tinggi, kekuatan tarik dan modulus yang tinggi, ringan, daya tahan yang tinggi, daya serap air yang tinggi, porositas yang selektif, mudah dibentuk dan biokompatibel [Suwanposri *et.al*, 2013]. Dengan keistimewaannya ini, MC sangat potensial sekali digunakan dan dimanfaatkan dalam segala bidang terutama di bidang industri seperti untuk makanan, audio speaker, headphone, dan kertas; di bidang medis dan farmasi seperti material kulit tiruan, blood vessel tiruan, pelapis kulit luka bakar, kosmetik , sebagai scaffold , template untuk pertubuhan cell mamalia, dan cartilage tiruan; dan dibidang lingkungan seperti sebagai membran pemisah dalam proses reverse osmosis, ultrafiltrasi, dan membran dalam fuel cell [Hoenich, 2006, Ranghunathan, 2013]. Akan tetapi sampai saat ini selain sebagai makanan seperti nata de coco, produk-produk berbasiskan MC ini masih sangat jarang sekali ditemukan secara luas dipasaran baik itu ditingkat nasional maupun internasional dan harganya pun relatif mahal. Oleh karena itu, berdasarkan keistimewaan dan besarnya potensi yang dimiliki oleh MC serta keinginan untuk menyebarluaskan pemakaian produk-produknya, maka sangat diperlukan sekali mengembangkan penelitian-penelitian biomaterial berbasiskan MC ini.

Sebelumnya peneliti telah melakukan beberapa penelitian-penelitian pendahuluan terkait dengan pengembangan biomaterial berbasis MC ini dan hasilnya telah banyak di publikasikan di jurnal-jurnal internasional dan mendapatkan appresiasi yang tinggi dengan banyaknya paper-paper tersebut dicitied oleh banyak peneliti. Paper-paper itu diantaranya tentang struktur dan orentasi mikrofibril MC [Putra, 2008] , tube MC [Putra, 2008], MC untuk cartilage tiruan [Hagiwara, 2010] dan MC yang diproduksi dalam kondisi minyak [Putra, 2009]. Demi keberlanjutan penelitian pengembangan biomaterial berbasiskan MC ini, maka peneliti melakukan penelitian dengan judul "Pengembangan dan karakterisasi biomaterial berbasiskan mikrobial selulosa sebagai material pengganti alternatif" yang direncanakan selama tiga tahun dengan skema penelitian unggulan perguruan tinggi, PUPT. Untuk tahun pertama PUPT ini didanai oleh dana BOPTN dengan surat kontrak/ surat

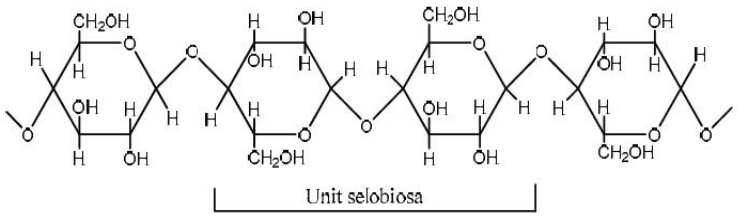
penugasan pelaksanaan hibah penelitian skema penelitian unggulan perguruan tinggi tahun Anggaran 2015 No: 246/UN35.2/PG/2015 tanggal 27 Maret 2015.

Pada tahun pertama penelitian ini difokuskan dalam mengembangkan pembuatan dan karakterisasi mikrobial selulosa, MC yang mempunyai sifat fisik dan mekanik yang kuat dengan bahan dasar limbah dan ekstrak dari tanaman/buah-buahan yang ada di Sumatera Barat (limbah air kelapa dan limbah air tahu, ekstrak ubi, tebu, nanas, tomat, bengkuang) yang dapat digunakan sebagai bahan dasar pengganti alternatif dalam bidang biomedis. Sampai pada tahap pelaporan kemajuan penelitian tahun pertama ini, kami telah menyelesaikan pembuatan tujuh jenis MC dengan bahan dasar yang berbeda serta beberapa karakterisasinya seperti karakterisasi sifat fisik dan struktur (ketebalan, kandungan air (*water content*), dan penggembungan (*swelling*), *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan *x-ray diffraction* (XRD)). Karakterisasi Morfologi dengan *scanning electron microscope* (SEM), Uji Tarik sedang berlangsung sampai pada saat penulisan laporan tahunan ini.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Selulosa

Selulosa merupakan polimer linier glukan dengan struktur rantai yang seragam. Unit-unit terikat dengan ikatan β-1,4 glikosidik. Dua unit glukosa yang berdekatan bersatu dengan mengeliminasi satu molekul air diantara gugus hidrosil pada karbon 1 dan 4. Secara tepatnya unit ulang dari rantai selulosa adalah unit selobiosa.



Gambar 2.1. Struktur Selulosa (Lehninger 1993)

Adanya tiga gugus hidroksi bebas menyebabkan selulosa memiliki kemampuan untuk membentuk ikatan hydrogen antar rantai selulosa. Hal ini menyebabkan selulosa yang berbentuk serat atau fibril yang tersusun oleh sekitar 3.000 molekul glukosa dengan bobot molekul mencapai 500.000 mempunyai sifat-sifat fisik yang kuat dengan struktur kristal yang stabil dan titik lelehnya lebih besar dari temperatur dekomposisinya. Oleh karena itu selulosa tidak dapat dilelehkan dan tidak dapat laru dalam air. Akan tetapi selulosa dapat mengalami pengembungan dalam pelarut yang mampu membentuk ikatan hidrogen. Derajat pengembungan akan meningkat seiring dengan bertambahnya kekuatan ikatan hidrogen antara selulosa dan pelarut [Morehead 1952 dan Ott 1954].

Ada tiga jenis selulosa yaitu α-selulosa dengan derajat polimerisasi lebih besar dari 200, β- selulosa dengan derajat polimerisasi antara 10 sampai 200, dan γ-selulosa dengan derajat polimerisasi kurang dari 10. Apabila selulosa diberi perlakuan dengan NaOH 17,5% (b/v), α-selulosa tidak larut, sedangkan β- selulosa dan γ-selulosa larut. Selanjutnya dengan pengasaman β- selulosa akan mengendap dan γ-selulosa tetap sebagai larutan [Ott 1954].

Menurut Meshitsuka dan Isogai, bahan yang mengandung selulosa biasanya membentuk struktur kristalin, sehingga air tidak dapat masuk ke dalam daerah aktif kristalin pada suhu kamar. Perlakuan secara kimia dan fisika terhadap selulosa dapat merubah struktur kristal selulosa. Difraksi sinar-X dapat digunakan untuk mengidentifikasi terjadinya perubahan struktur tersebut [Meshitsuka 1996]

Selulosa I adalah selulosa yang dimiliki oleh hampir semua selulosa alamai dengan indeks kristalinitas sekitar 40-95% mempunyai struktur kisi kristal rombik. Perlakuan pengembungan selulosa alami dengan pelarut-pelarut yang dapat masuk ke dalam daerah aktif kristalin, mengakibatkan konversi ke struktur kristal yang lain dan atau mengalami dekristalinasi parsial. Jika selulosa alami direndam dalam larutan NaOH encer (>15% b/v), lalu di cuci dengan air untuk menghilangkan alkali, kemudian dikeringkan, maka pola difraksi sinar-X dari selulosa II akan muncul dengan struktur kisi kristal monoklik. Selulosa alami yang diberi perlakuan dengan ammonia cair atau amina, kemudian dicuci dengan alcohol akan menghasilkan konversi selulosa II dengan dekristalisasi parsial. Struktur kisi kristalnya hampirsama dengan selulosa II. Selulosa III bila diberikan panas maka pola difraksi sinar-X selulosa IV muncul dengan struktur kisi kristal hampir sama dengan selulosa I. Perlakuan penggembungan selulosa biasanya meningkatkan reaktivitasnya pada modifikasi kimia yaitu meningkatnya akses reagen dan terjadinya dekristalisasi parsial [Meshitsuka, 1996; Moon *et al.* ; Klemm *et al*, 1998 2011; Lavoine *et al*, 2012].

Kristalinitas mempengaruhi sifat-sifat fisik selulosa. Peningkatan kristalinitas selulosa akan meningkatkan 1) kekuatan tarik (tensile strength), 2) modulus young, 3) kekerasan, 4) stabilitas dimensi, 5) kerapatan selulosa, dan menurunkan 1) elongasi, 2) penyerapan uap (moisture sorption), 3) penggembungan, 4) *dye sorption*, 5) *toughness*, 6) rektifitas kimia, dan 7) fleksibilitas membran.

Morfologi selulosa mempunyai pengaruh yang besar pada rektifitasnya. Disamping itu, derajat kristalinitas juga tergantung pada asal selulosa. Reaktifitas selulosa juga dipengaruhi oleh kehalusan struktur selulosa. Kondisi pengeringan yang drastis dapat menyebabkan ikatan antar rantai yang ekstensif, sehingga mengurangi masuknya gugus hidroksil.

2.2. Penggembungan dan pengeringan selulosa

Selulosa dapat menggembung dalam pelarut yang berbeda-beda. Tingkat penggembungan tergantung pada pelarut maupun pada sifat alami sample selulosa. Perubahan morfologi yang terjadi tergantung padan jenis penggembungan yang terjadi yaitu penggembungan interfibriler atau intrafibriler. Pada penggembungan interfibriler pengembungan hanya masuk ke dalam daerah-daerah mikrofibriler yang tidak teratur (amorf) dan diantaranya, sedangkan pada penggembungan intrafibriler pengembungan terjadi pada daerah teratur (kristalin).

Proses pengeringan selulosa dapat dibagi menjadi dua tahapan. Tahap pertama adalah pemecahan ikatan hidrogen antara molekul air, yang merupakan ikatan dengan energi paling

rendah dalam system selulosa-air. Sebagian air lepas dari permukaan dan selulosa mendekat satu sama lainnya. Proses ini berlanjut hingga hanya tertinggal lapisan air monomolekul antra dua selulosa. Tahap kedua adalah pelepasan air dan pembentukan ikatan hidrogen antara selulosa.

Mengeringkan selulosa sampai kadar airnya kurang dari 1% membutuhkan biaya yang tinggi, tetapi gugus OH dalam air lebih reaktif dari pada gugus OH yang terdapat pada komponen lignoselulosa menyebabkan hidrolisis berlangsung lebih cepat daripada substitusi. Suhu yang dibutuhkan untuk reaksi sempurna juga harus cukup rendah, sehingga hanya terjadi sedikit atau bahkan tidak ada degradasi serat (< 150° C) [Ross 1991].

2.3. Degradasi selulosa

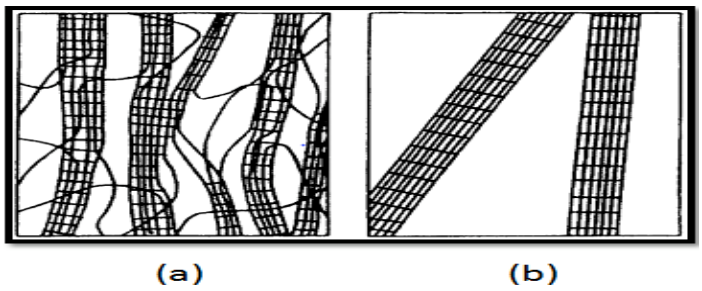
Degradasi molekul selulosa dapat terjadi akibat perlakuan kimia dan mekanik. Degradasi selulosa dapat menyebabkan terjadinya perubahan fisik dan struktur molekul selulosa. Perlakuan asam kuat pada selulosa dapat menyebabkan terjadinya reaksi hidrolisi. Pemberian panas yang cukup tinggi dalam waktu yang lama pada selulosa dapat mempengaruhi sifiat fisika, struktur dan sifat kimia selulosa seperti adanya perubahan kemampuan penyerapan dan penurunan derajat polimerisasi, dan pemutusan rantai molekul. Derajat degradasi selulosa akibat panas juga dipengaruhi oleh kandungan air awal sample [Fenger 1989].

2.4. Mikrobial selulosa

Mikrobial selulosa (MC) merupakan salah satu produk fermentasi yang menggunakan mikroorganisme seperti *Acetobacter xylinum, A pasteurianus esumensis, Sarcina ventruculi dan Valonia macropysa*. Produk alami ini murni, bebas lignin, kristalinitasnya tinggi (>60%), derajat polimerisasinya tinggi, tidak larut dalam air dan mempunyai sifat fisik serta mekanik yang kuat [Engelhardt, 1995, Suwanposri *et.al*, 2013].

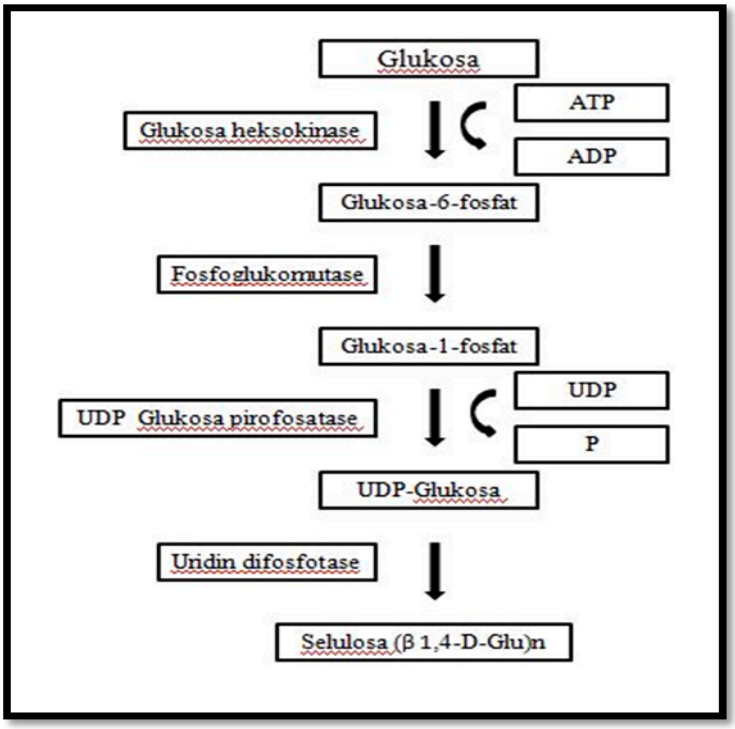
MC memiliki karakteristik yang berbeda pada struktur kristalinnya. Selulosa tersebut mengandung dua struktur kristallin yang berbeda, yaitu α dan β-selulosa. MC mengandung α -selulosa kira-kira 60%. Hal ini berbeda dengan selulosa yang berasal dari tumbuhan (misalnya rami dan kapas) yang mengandung α -selulosa hanya 30%, sedangkan sisanya β-selulosa [Yoshinaga1997, Kalial *et al*, 2011, Yin *et.al*, 2014]. Perbedaan antara α dan β-selulosa berdasarkan resonansi magnetic nuklir (NMR) menunjukkan bahwa α-selulosa mempunyai puncak tunggal dan β -selulosa selulosa ganda.

Rangkaian struktur MC 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). Perbedaan struktur dari selulosa tumbuhan dan MC dapat dilihat pada Gambar.2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2. Perbedaan struktur antara a) selulosa tumbuhan dengan b) selulosa bakterial (Bielecki *et.al*, 2005)

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). MC 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).



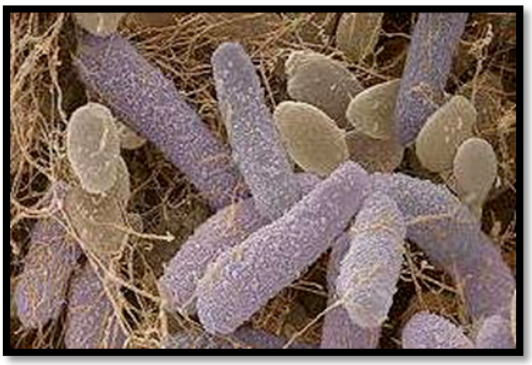
Gambar 2.3. Mekanisme pembentukan selulosa oleh A. xylinum (Rizal *et.al*, 2013)

Selulosa bakterial yang dibentuk oleh enzim-enzim *A. xylinum* berasal dari suatu prekursor yang berikatan β-1,4 glikosida yang tersusun dari komponen gula yaitu glukosa manosa, ribose dan rhamnosa. Prekursor dalam pembentukan MC oleh *A. xylinum* adalah UDPG (Uridin Diphosfat Glukosa). Mekanisme pembentukan MC dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Dari Gambar 2.3 dapat dilihat bahwa glukosa dimetabolisme oleh enzim-enzim yang ada dalam starter air kelapa tersebut, menjadi polimer selulosa melalui jalur pentose fosfat. Dan polimerisasi glukosa menjadi selulosa terjadi dalam media ekstraseluler *A. xylinum*.

2.5. *Acetobacter xylinum*

A. xylinum merupakan bakteri gram negatif yang berbentuk elips atau tongkat melengkung, dapat dilihat pada Gambar 2.4. *A xylinum* merupakan bakteri aerobik, yang memerlukan oksigen untuk respirasi dalam metabolisme dan mengeluarkan selulosa bakteri berupa pelikel pada permukaan kultur cair (Hameed *et.al*, 2012).



Gambar 2.4. Bentuk bakteri A. xylinum (Milking, 2013)

A. xylinum mampu membentuk suatu lapisan tipis, yag dapat mencapai ketebalan beberapa sentimeter dalam media cair yang mengandung glukosa. Bakteri ini terperangkap dalam massa benang-benang yang dibuatnya, sehingga menghasilkan massa yang kokoh, kenyal, tebal dan transparan (Ceinhaska, 2004).

Taksonomi *A. xylinum* sebagai berikut :

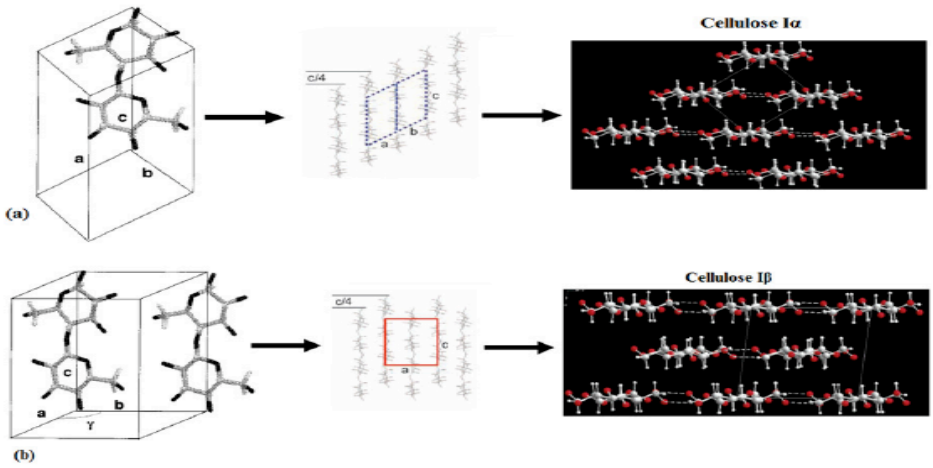
Domain : Bacteria
Phylum : Protobacteria
Kelas : Alphaprotobacteria
Ordo : Rhodospirillales
Famili : Acetobacteraceae
Genus : *Acetobacter*
Spesies : *Acetobacter xylinum*

Bakteri *A. xylinum* tumbuh baik dalam media air kelapa yang memiliki pH 5,0-5,5. Tetapi jika pH lebih dari 5,5 atau kurang dari 5, maka proses fermentasi tidak akan dapat berjalan optimum. Suhu optimum untuk pertumbuhan bakteri *A. xylinum* adalah pada suhu kamar (suhu 26-28^0 C) (Rizal *et.al*, 2013).

2.6. Struktur dan Sifat Fisik MC

Selulosa bakterial mempunyai struktur kimia yang sama seperti selulosa yang berasal dari tumbuhan, tetapi selulosa yang dihasikan bakteri memiliki serat selulosa yang lebih baik dibandingkan dengan selulosa yang berasal dari tumbuhan. Setiap serat tunggal dari SB mempunyai diameter 50 nm dan terdapat dalam bentuk kumpulan serat-serat tunggal berdiameter sekitar 2-4 nm. Panjang serat tidak dapat ditentukan, hal ini dikarenakan kumpulan serat-serat tunggal selulosa saling melilit satu sama lain membentuk struktur jaringan. Dan sebagai pembandingnya diameter dari selulosa bentuk kristalin adalah 10-30 nm (Philips, 2000).

Selulosa berdasarkan struktur dan ikatan hidrogennya dapat diklasifikasikan menjadi empat polimorf yang berbeda yaitu selulosa I, selulosa II, selulosa III, dan selulosa IV (Moon *et al*., 2011). Selulosa I terbagi atas 2 bentuk polimorf yaitu Iα (triklin) dan Iβ (monoklin) dapat dilihat pada Gambar 2.5. Penggolongan ini didasarkan atas adanya perbedaan ikatan hidrogen yang terjadi dan sumber dari selulosa tersebut. Sumber selulosa Iα sebagian besar berasal dari dinding sel alga atau bakteri, sementara selulosa Iβ berasal dari dinding sel tumbuhan.



Gambar 2.5. Struktur selulosa Iα dan Iβ (Poletto *et al*., 2013).

Selulosa II didapatkan dari selulosa I dengan beberapa perlakuan seperti perendaman dengan NaOH (> 15% b/v),lalu dicuci dengan air untuk menghilangkan alkali, kemudian dikeringkan. Selulosa III dapat dihasilkan dari selulosa I yang diberi perlakuan dengan ammonia cair atau amina, sedangkan selulosa IV dihasilkan dari pemanasan selulosa III.

Penggunaan MC sejak tahun 1988 sampai sekarang diantaranya dilakukan oleh beberapa perusahan besar seperti Ajinomoto dan Sony yang mengembangkan aplikasi komersial selulosa *Acetobacter* menjadi serat tekstil dan Biofill-industria e Comercio de Produtos Biotechnologicos di Brazil dan Johnson & Johnson mengembangkan produk-produk untuk perawatan luka, membran dan diagfragma audio [Yoshinaga1997, White 1988].

Fontana *et.al* dalam penelitiannya menghasilkan gel selulosa, digunakan untuk jangat buatan (artificial skin) yang merupakan pembalut hayati [Fontana 1990]. Nishi et.al memproduksi MC untuk pembuatan film dan kertas, dimana setelah dianalisa struktur dan fisiknya menghasilkan kertas yang kuat dan juga berguna pada pembuatan kertas dari bahan-bahan berserat lainnya [Nishi 1990]. Membran dari MC dapat dibuta dengan cara merentangkan gel dan mengeringkannya atau dapat juga dengan cara dibuat menjadi pulp terlebih dahulu [Figini 1982].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Nakano-Sumimase, dalam memproduksi MC untuk pembuatan membran dan bahan pangan rendah kalori, selulosa yang dihasilkan diberi perlakuan dengan NaOH 1% pada suhu kamar selama 24 jam dan dinetralkan dengan aam asetat 1%. Produk selulosa kemudian dicuci dengan air dan dikeringkan [Nakano-Sumimase 1994].

2.7. Karakterisasi MC

2.7.1. Sifat Fisik MC

Ketebalan

Tebal MC 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. Ketebalan MC 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 MC, sehingga pada pH 5 MC yang terbentuk kenyal dan baik. Namun pada pH 7 MC yang terbentuk sudah sedikit lembek. Sedangkan pada pH 3 nata tidak dapat terbentuk

karena pada pH tersebut kondisi media terlalu asam (lapuz *et. al*, 1967).

Kadar Air (water content)

Kadar air pada MC merupakan hasil persentase pembagian antara berat air yang hilang dengan berat MC 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. Begitu juga dengan pH, karena pH merupakan faktor penting untuk pertumbuhan dan pembentukan produk MC. 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:

$$W_c(\%) = \frac{W_b - W_k}{W_b} x100$$

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

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:

$$DP(\%) = \frac{W_b - W_k}{W_k} x100$$

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

2.7.2. Karakterisasi Struktur SB

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.

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.

2.7.3. Sifat mekanik MC

Sifat mekanik membran MC ditentukan dengan uji tarik menggunakan peralatan tensometer. Uji tarik yang digunakan adalah single tension dengan test speed 5 mm/menit. Membran geldibuat sebagai dumb-bell dan dan diukur panjang awalnya (l_o). Kedua ujung membran dijepitkan pada alat lalu ditarik sampai putus. Pada monitor akan terlihat besarnya gaya tarik (kgf) yang dibutukan untuk memutuskan membran dan nilai perpanjangan

/elongation (Δl). Luas membran ditentukan pada ke dua arah putusnya membran dengan mengukur lebar dan tebalnya.

2.7.4. Morfologi membran

Analisa morfologi membran dengan menggunakan scanning electron microscope, SEM. Berkas electron dengan diameter 5 sampai 10 nm diarahkan pada spesimen. Interaksi antara berkas electron dengan spesimen menghasilkan beberapa fenomena yaitu hamburan balik berkas electron. Sinar X, sinar tampak, electron sekunder dan adsorpsi electron yang memberikan informasi pengukuran SEM. Sinyal yang dihasilkan dari penembakan electron ditangkap oleh detector lalu diteruskan ke monitor. Pada monitor akan diperoleh gambar khas yang menggambarkan permukaan spesimen. Selanjutnya dapat diportet dengan film hitam. Permukaan dan penampang lintan diambil pada pembesaran tertentu sehingga analisa yang diinginkan diperoleh.

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

3.1.1. Tujuan umum

Tujuan umum penelitian ini adalah mengembangkan dan mengkarakterisasi biomaterial berbasiskan MC sebagai material pengganti alternatif. Material pengganti alternatif disini akan difokuskan ke material pengganti di bidang medis dan farmasi serta bidang lingkungan. Penelitian ini direncanakan selama tiga tahun yang di bagi menjadi tiga tahapan.

Tahun pertama, merupakan tahun awal yang akan ditujukan/difokuskan dalam mengembangkan pembuatan dan karakterisasi MC yang mempunyai sifat fisik dan mekanik yang kuat dengan bahan dasar limbah dan ekstrak dari tanaman/buah-buahan yang ada di Sumatera Barat seperti limbah air kelapa dan limbah air tahu, ekstrak ubi, tebu, nanas, tomat, bengkuang dan lainnya yang dapat digunakan sebagai bahan dasar pengganti alternatif dalam bidang biomedis. Target tahun I adalah adalah minimal satu publikasi Ilmiah pada jurnal terakreditasai nasional atau jurnal internasional, dan mempresentasikan hasil penelitian di seminar nasional/internasional.

Tahun ke dua, ditujukan/difokuskan pada memodifikasi dan mengembangkan MC yang dihasilkan pada tahun pertama misalnya; 1) memoldifikasi MC dalam bentuk silinder/tabung untuk bahan pengganti micro vessel alternatif, 2) menentukan pengaruh shaking dalam sifat fisik dan mekanik MC pada kondisi nonstatis, 3) menggembangan material komposit berbasisikan MC (double/triple network) dengan material orgamik/anorganik yng ditargetkan mampu sebagai bahan pengganti alternatif untuk cartilage tiruan, plastik tiruan yang biodegradabel, scafold/templat pertumbuahn cell. Target tahun II adalah dua publikasi Ilmiah pada jurnal terakreditasai nasional atau jurnal internasional, dan mempresentasikan hasil penelitian di seminar nasional/internasional.

Tahun ke tiga, ditujukan/difokuskan pada melanjutkan menggembangan material komposit berbasisikan MC (double/triple network) dengan material organik/anorganik yang ditargetkan mampu sebagai bahan pengganti alternatif untuk cartilage tiruan, plastik tiruan yang biodegradabel, scafold/templat pertumbuahn cell. Target tahun III adalah tiga publikasi Ilmiah pada jurnal terakreditasai nasional atau jurnal internasional, dan mempresentasikan hasil penelitian di seminar nasional/internasional, dan juga diharapkan menghasilkan satu produk paten serta menghasilkan model MC sebagai material pengganti.

3.2. Tujuan Khusus Penelitian Tahun Pertama

Untuk mencapai tujuan umum tahun pertama, maka rancang tujuan khusus penelitian tahun pertama adalah adalah

1. Menentukan struktur dan sifat fisik MC dari limbah dan ekstrak tanaman/buah-buahan yang ada di Sumatera Barat seperti limbah air kelapa dan limbah air tahu; ekstrak ubi, tebu, nanas, tomat, bengkuang yang diproduksi dengan dan tanpa penambahan gula sebagai sumber karbon.
2. Menentukan pengaruh konsentrasi larutan NaOH dan NH_4OH sebagai media perendam pada temperatur kamar selama 24 jam dan temperatur 85^oC selama 2 jam dalam proses pemurnian MC dari limbah dan ekstrak tanaman/buah-buahan yang ada di Sumatera Barat seperti limbah air kelapa dan limbah air tahu; ekstrak ubi, tebu, nanas, tomat, bengkuang terhadap struktur serta sifat fisiknya.
3. Menentukan pengaruh konsentrasi larutan NaOH dan NH_4OH sebagai media perendam pada temperatur kamar selama 24 jam dan temperatur 85^oC selama 2 jam dalam proses pemurnian MC dari limbah dan ekstrak tanaman/buah-buahan yang ada di Sumatera Barat seperti limbah air kelapa dan limbah air tahu; ekstrak ubi, tebu, nanas, tomat, bengkuang terhadap struktur serta sifat fisiknya.

3.3. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan potensi limbah dan ekstrak tanaman/buah-buahan yang ada di Sumatera Barat seperti limbah air kelapa dan limbah air tahu; ekstrak ubi, tebu, nanas, tomat, bengkuang air kelapa sebagai bahan yang bernilai ekonomis dan berdaya guna tinggi
2. Mendapatkan informasi mengenai pengaruh media perendaman NaOH dan NH_4OH terhadap struktur dan sifat fisik SB dari MC.
3. Dapat menjadi acuan untuk penelitian dan pembuataan produk berbahan dasar MC sebagai biomaterial pengganti alternatif di bidang biomedis, dan farmakologis dan industri

BAB 4. METODE PENELITIAN

4.1 Material

Bahan-bahan yang dibutuhkan antra lain limbah dan ekstrak dari tanaman/buah-buahan yang ada di Sumatera Barat seperti limbah air kelapa dan limbah air tahu, ekstrak ubi, tebu, nanas, tomat, bengkuang, gula, glukosa, yeast extract, *A. xylinum* American Type Culture Collection (ATCC) 53582, bacto peptone, disodium hydrogen phospate Na_2HPO_4, asam sitrat, Asam klorida HCL, Natrium Hidroksida, urea/ZA, NaOH, silpot 184 dan katalis silpot 184, abrasive paper (sand paper), polydimetilsiloxane PDMS, NaOCl

Peralatan yang dibutuhkan untuk membuat dan mengkarakterisasi hasil adalah sebagai berikut peralatan gelas laboratorium, kompor/pemanas listrik, panic, kain kasa, wadah plastik, Koran, karet, pisau dan gunting, thickner,hot press, kasa stainless stell mesh 200, kain non woven, timbangan analitis, sentrifugal, vortex-mixer, parafilm, optical polarizing microscope, turbidimentri, Small Angle X-ray Difraction SAXD, Potensiostat, Scanning electron microscope SEM dan Energy dispersive Spectroscopy EDS, Viscometer, ED X ray Fluoresence, ED-XRF, Differrential Thermal Analysis, DTA, Tensometer, X-ray Difraction, XRD.

4.2. Pelaksanaan Penelitian

Prosedur penelitian didasarkan kepada gabungan beberapa prosedur penelitian yang dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan penelitian ini, diantaranya dari penelitian Pandey, *et.al* (2014) dan Putra, *et.al* (2009).

4.2.1. Objek penelitian

Objek penelitian adalah limbah dan ekstrak dari tanaman/buah-buahan yang ada di Sumatera Barat (limbah air kelapa dan limbah air tahu, ekstrak ubi, tebu, nanas, tomat, bengkuang)

4.2.2. Variabel Penelitian

Variabel terikat penelitian ini adalah karakteristik dan sifat dari MC yang meliputi struktur dan sifat fisik (*swelling* dan *water content*). Variabel bebas yang digunakan yaitu media perendam (NaOH dan NH_4OH dengan kosentrasi masing-masing 0, 2, 5, 10, 15, dan 20 % w/v untuk NaOH, dan v/v untuk NH_4OH), suhu (suhu kamar selama 24 jam dan suhu 80^oC selama 2 jam) dan nutrisi (penambahan gula dan tanpa penambahan gula). Variabel

kontrol yang digunakan berupa jumlah starter yang ditambahkan, ukuran wadah, dan ukuran MC.

4.2.3 Pembuatan/ Penyediaan Starter *A. xylinum*

Starter *A. xylinum*, ATCC 53582 diperoleh dari laboratorium Biokimia Jurusan Kimia FMIPA UNP yang selanjutnya dikembangkan sendiri sesuai dengan kebutuhan ekperimen. Pembuatan starter ini sama dengan prosedur pembuatan MC.

4.2.4. Penyiapan Medium

Ada 2 jenis medium yang disiapkan berdasarkan nutrisi yang ditambahkan yaitu medium dengan penambahan gula (10%w/v) dan tanpa penambahan gula. Pembuatan medium penambahan gula, ke dalam 1 liter medium ditambahkan 100 gram gula dan10 gram urea. Larutan di panaskan sampai mendidih kemudian tambahkan 20 mL asam asetat dan dalam keadaan panas di pindahkan ke wadah plastik transparan kemudian ditutup dengan kertas koran yang telah disterilkan sampai suhu kamar antara 25-30°C dan pH dijaga antara 5,0-5,5.

4.2.5. Pembuatan MC

Ke dalam wadah plastik transparan yang berisi medium-medium fermentasi yang telah disiapkan diatas, setelah suhunya sama dengan suhu kamar, diinokulasi dengan starter *A. xylinum* dengan perbandingan 10:1 (%v/v) dan di fermentasikan pada suhu kamar sampai membentuk MC sekurang-kurangnya 5 mm (tidak tergantung lama fermentasinya). Selama proses inkubasi wadah plastik tidak boleh digoyang.

4.2.6. Pemurnian MC

Gel MC hasil fermentasi selanjutnya dicuci dengan air beberapa kali dan disimpan dalam kontainer yang berisi air sampai proses pemurnian dilakukan. Gel MC yang telah dicuci kemudian dimurnikan/direndam dengan dua media perendam yaitu larutan NaOH (%w/v) dan larutan Amoniak (%v/v) dengan variasi konsentrasi (0, 2, 5, 10, 15, 20%) pada dua suhu yang berbeda. Pada temperatur kamar MC dimurnikan selama 24 jam, dan pada temperatur 85°C MC dimurnikan selama 2 jam. Gel MC yang telah dimurnikan dan telah mencapai suhu kamar untuk yang dipanaskan, dicuci dan direndam dalam air selama 2 hari sebelum dikarakterisasi. Penggantian air rendaman dilakukan 3 kali sehari. Untuk masa penyimpanan selanjutnya, air rendaman diganti 2 kali sehari.

4.2.7. Karakterisasi MC

A. Pengukuran Ketebalan Gel dan Membran MC

Tebal MC dan membrannya diukur dengan menggunakan mikrometer pada berbagai bagian gel atau membran dan dihitung ketebalan rata-ratanya.

B. Penentuan Kandungan Air (Water Content) MC

Kandungan air MC yang telah dimurnikan ditentukan kandungan airnya. Gel MC dipotong dengan ukuran 4 x 2 cm, dilap permukaannya dengan tissue dan ditimbang beratnya menggunakan neraca analitis (W_b). Gel selanjutnya di letakkan diatas kain non woven dan dipress dengan plat baja dan dikering-anginkan dan dimasukkan ke dalam oven suhu 100 ^oC timbang berat keringnya (W_k) setalah beratnya konstan. Kandungan airnya adalah sebagai berikut:

$$W_c(\%) = \frac{W_b - W_k}{W_b} x100$$

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

C. Penggembungan (Swelling) Membran MC

Gel MC yang telah dikeringkan diukur ketebalannya. Lembaran tersebut ditimbang berat awalnya (W_k) dan direndam dalam aquades. Kemudian sampel ditimbang (W_b), setelah permukaannya dilap dengan tisu. Penimbangan ini dilakukan setiap 24 jam sekali sampai didapatkan berat konstan. Selisih berat setelah perendaman dan berat awal sample dihitung sebagai pertambahan berat.

$$DP(\%) = \frac{W_b - W_k}{W_k} x100$$

Dimana: DP = derajat pengembungan dalam persen, W_b berat basah, dan W_k berat gel kering.

D. Fourier Transform Infrared (FTIR)

Untuk analisa FTIR digunakan MC yang telah dikeringkan.Analisa FTIR ini digunakan untuk menentukan perubahan struktur MC akibat dari efek perendaman dalam larutan NaOH dan larutan Amoniak pada suhu kamar dan suhu 85 ^oC. Metode yang digunakan adalah metode KBr dan sampel di scan pada panjang gelombang 400-4000 cm^1.

E. Difraksi Sinar-X (XRD)

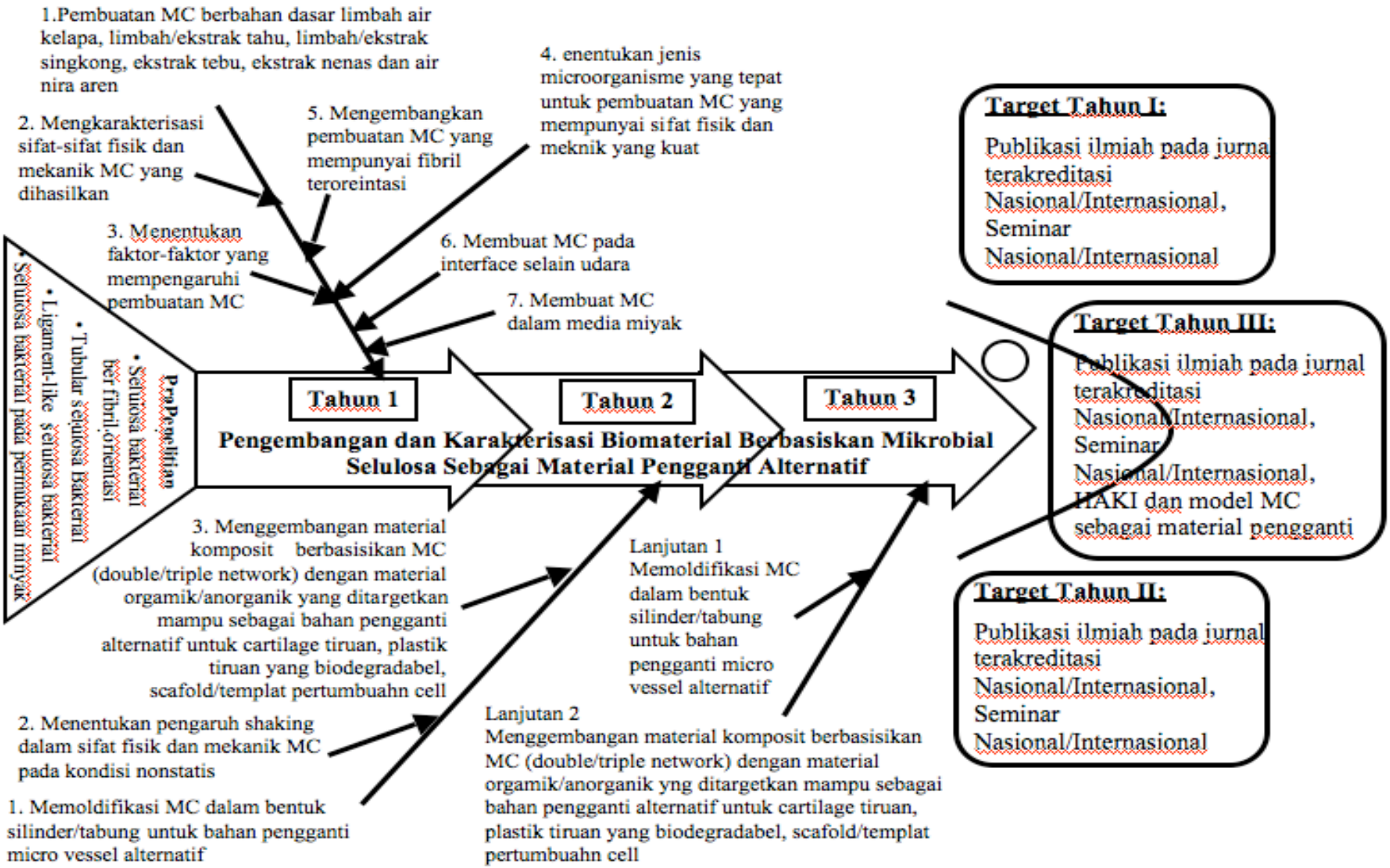
Untuk pengujian XRD digunakan MC yang telah dikeringkan. Analisa XRD digunakan untuk menentukan derajat kristalinitas MC yang dibuat. Persen derajat kristalinitas dihitung secara manual dengan menimbang hasil difraktrogram membran MC yaitu berat kristalin terhadap berat totalnya (berat fasa kristalin dan amorf).

E. Sifat mekanik MC

Sifat mekanik membran MC ditentukan dengan uji tarik menggunakan peralatan tensometer. Uji tarik yang digunakan adalah single tension dengan test speed 5 mm/menit. Membran geldibuat sebagai dumb-bell dan dan diukur panjang awalnya (l_o). Kedua ujung membran dijepitkan pada alat lalu ditarik sampai putus. Pada monitor akan terlihat besarnya gaya tarik (kgf) yang dibutukan untuk memutuskan membran dan nilai perpanjangan/elongation (Δl). Luas membran ditentukan pada ke dua arah putusnya membran dengan mengukur lebar dan tebalnya.

F. Morfologi membran

Analisa morfologi membran dengan menggunakan scanning electron microscope, SEM. Berkas electron dengan diameter 5 sampai 10 nm diarahkan pada spesimen. Interaksi antara berkas electron dengan spesimen menghasilkan beberapa fenomena yaitu hamburan balik berkas electron. Sinar X, sinar tampak, electron sekunder dan adsorpsi electron yang memberikan informasi pengukuran SEM. Sinyal yang dihasilkan dari penembakan electron ditangkap oleh detector lalu diteruskan ke monitor. Pada monitor akan diperoleh gambar khas yang menggambarkan permukaan spesimen. Selanjutnya dapat diportet dengan film hitam. Permukaan dan penampang lintan diambil pada pembesaran tertentu sehingga analisa yang diinginkan diperoleh.



Gambar 4.6. Rancangan peta jalan penelitian tiga tahun penelitian unggulan perguruan tinggi dari dana Direktorat Pendidikan Tinggi Tahun 2015

BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang telah diperoleh sampai pembuatan laporan kemajuan penelitian ini sudah mencapai lebih dari 75% dari rencana tahun pertama. Pembuatan MC dari limbah dan ekstrak dari tanaman/buah-buahan yang ada di Sumatera Barat seperti limbah air kelapa dan limbah air tahu, ekstrak ubi, tebu, nanas, tomat, bengkuang telah selesai dilaksanakan dan beberapa karakterisasinya telah diselesaikan, seperti karakterisasi sifat fisik dan struktur (ketebalan, kandungan air (*water content*), dan penggembungan (*swelling*), FTIR dan XRD. Karakterisasi Morfologi dengan SEM, Uji Tarik sedang berlangsung sampai pada saat penulisan laporan kemajuan ini.

Pada laporan kemajuan ini ditampilkan hasil dari pembuatan dan karakterisasi MC dari bahan dasar limbah air kelapa. Untuk hasi-hasil pembuatan dan karakterisaisi lainnya dapat dilihat pada lampiran dalam bentuk artikel yang telah di submit ke *periodic*.

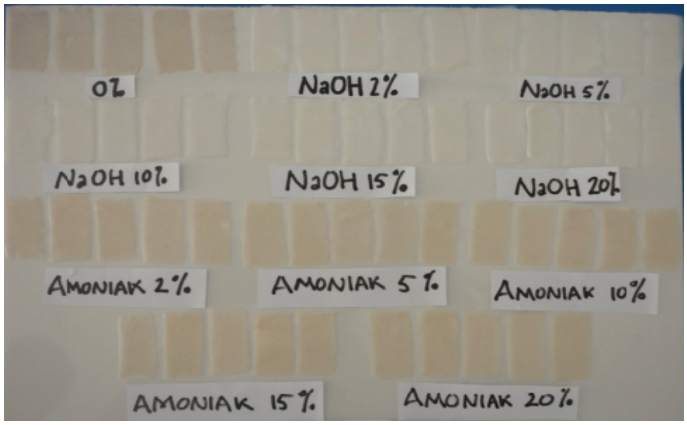
5.1. Ketebalan MC

Ketebalan gel SBDPG (Selulosa Bakterial Dengan Penambahan Gula) yang dihasilkan pada proses fermentasi selama 7 hari berkisar antara 0,784-1,162 cm, sedangkan ketebalan SBTPG (Selulosa Bakterial Tanpa Penambahan Gula) yang dihasilkan pada proses fermentasi selama 9 hari berkisar antara 0,690-1,06 cm berwarna putih. MC ini dicuci dengan air hingga putih. Dari hasil pengukuran ini penambahan gula berpengaruh terhadap ketebalan MC yang dihasilkan. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan gula memberikan ketebalan yang lebih tinggi dibandingkan dengan glukosa yang terdapat dalam air kelapa. Ketebalan MC sangat dipengaruhi oleh sumber nutrisinya, semakin banyak nutrisi yang terdapat dalam medium sehingga glukosa yang akan dikonversi menjadi MC juga semakin banyak.

5.2. Pemurnian MC

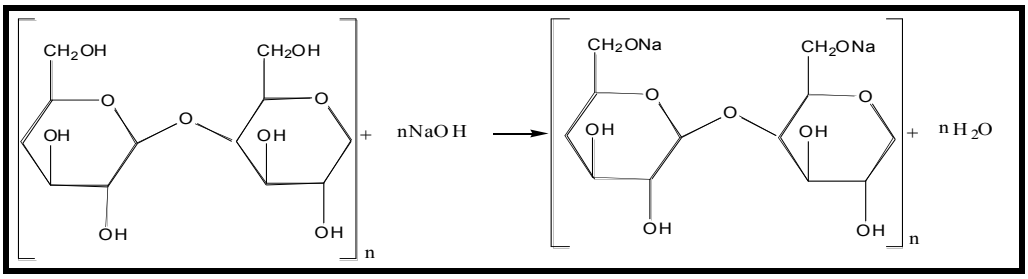
Proses pemurnian MC dilakukan dengan merendam MC ke dalam larutan NaOH (%w/v) dan larutan Amoniak (%v/v) dengan variasi konsentrasi (0, 2, 5, 10, 15, 20%) pada dua suhu yang berbeda. Pada temperatur kamar MC dimurnikan selama 24 jam, dan pada temperatur 85°C MC dimurnikan selama 2 jam.

Warna dari MC setelah direndam ke dalam larutan NaOH putih dan permukaan licin sedangkan pada perendaman dengan NH_4OH selulosa bakterial berwarna putih kekuningan dapat dilihat pada Gambar 4.3. Perendaman dengan NaOH bertujuan untuk menghilangkan komponen-komponen non-selulosa dan sisa bakteri. Komponen-komponen non-selulosa ini akan menghalangi ikatan hidrogen yang terjadi antar rantai molekul selulosa.



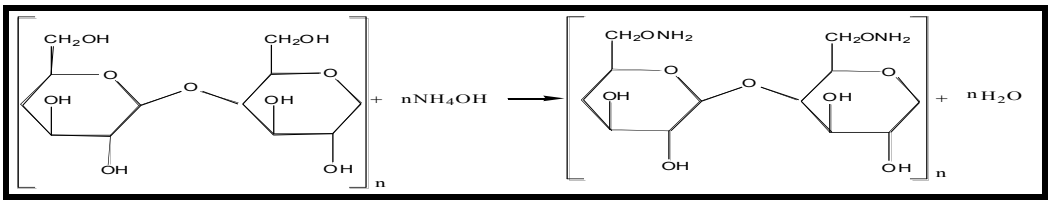
Gambar 5.1. MC hasil pemurnian dengan NaOH dan NH_4OH

Kadar perendam larutan NaOH dapat meningkatkan kemurnian selulosa yang dihasilkan sehingga hubungan antar rantai dalam selulosa semakin kuat melalui ikatan hidrogen antar rantai, mengakibatkan struktur selulosa bakterial menjadi lebih rapat. Reaksi yang terjadi saat perendaman dapat dilihat pada gambar 5.2.



Gambar 5.2. Reaksi SB dengan NaOH

Perlakuan MC dengan larutan ammonia dapat menggembungkan selulosa dan menembus kisi kristal untuk membentuk kompleks selulosa-ammonia, dapat dilihat pada Gambar 5.3. Selama perlakuan dengan larutan amonia, molekul amonia akan menembus selulosa dan bereaksi dengan gugus hidroksi setelah merusak ikatan hydrogen (Ashutosh Mittal *et.al*. 2011). Perendaman dengan NH_4OH bertujuan untuk menghidrolisis ikatan eter. Penggunaan reagen ini mempunyai beberapa keuntungan yaitu mempertahankan karbohidrat dalam bentuk aslinya dan interaksi yang sangat sedikit dengan hemiselulosa.



Gambar 5.3. Reaksi MC dengan NH_4OH

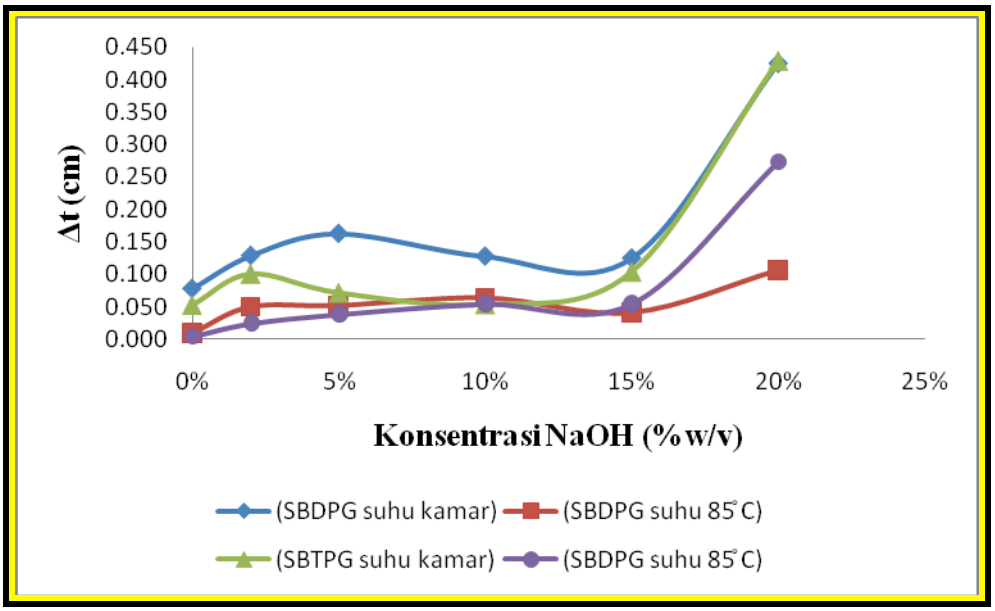
5.3. Karakterisasi MC

5.3.1. Pengaruh Media Perendaman terhadap Ketebalan MC

A. Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap ketebalan

Perendaman MC menggunakan NaOH dimaksudkan untuk meningkatkan kemurnian dari selulosa yang dihasilkan sehingga hubungan antar rantai dalam selulosa semakin kuat

dan rapat, hal ini disebabkan adanya ikatan hidrogen antar rantai dalam struktur selulosa. Gambar 5.4 menampilkan pengaruh konsentrasi larutan NaOH terhadap ketebalan MC dengan penambahan nutrisi maupun tanpa penambahan nutrisi pada suhu kamar dan suhu 85˚C.



Gambar 5.4. Pengaruh konsentrasi larutan NaOH terhadap ketebalan SBDPG dan SBTPG (cm). SBDPG adalah mikrobial selulosa dengan penambahan gula, SBTPG adalah mikrobial selulosa tanpa penambahan gula, SBTPG

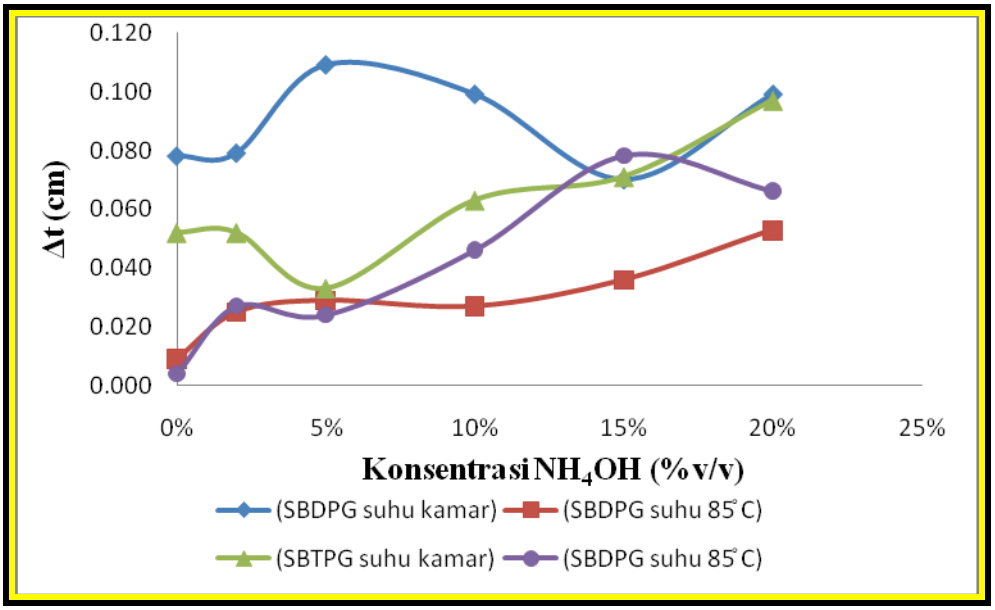
Gambar 5.4 menunjukkan bahwa dari konsentrasi NaOH 2% sampai 20% menurunkan ketebalan MC dari ketebelan sebelum perendaman. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan menggunakan NaOH pada selulosa bakterial dengan penambahan nutrisi maupun tanpa penambahan nutrisi pada temperatur kamar dan 85˚C, dapat mempengaruhi sifat kemurnian selulosa, sehingga hubungan antara rantai molekul selulosa semakin kuat melalui ikatan hidrogen. Sehingga dapat dikatakan bahwa konsentrasi NaOH akan meningkatkan struktur selulosa menjadi lebih rapat. Semakin tinggi konsentrasi perendam NaOH maka semakin rapat pori-pori pada MC yang dihasilkan. Hal ini dapat dibuktikan dengan pengurangan

ketebalan (Δt) paling besar terjadi pada perendaman menggunakan NaOH 20%, seperti yang terlihat pada Gambar 5.4.

B. Pengaruh konsentrasi NH_4OH terhadap ketebalan

Perendaman MC menggunakan NH_4OH dimaksudkan untuk meningkatkan kemurnian dari selulosa yang dihasilkan. Gambar 5.5 menampilkan pengaruh konsentrasi NH_4OH terhadap ketebalan MC dengan penambahan nutrisi maupun tanpa penambahan nutrisi pada suhu kamar dan suhu 85˚C.

Gambar 5.5 menunjukkan bahwa dari konsentrasi NH_4OH 2% sampai 20% menurunkan ketebalan MC dari ketebelan sebelum perendaman. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan menggunakan NH_4OH pada SB dengan penambahan gula maupun tanpa penambahan gula pada temperatur kamar dan 85°C dapat mempengaruhi sifat kemurnian selulosa, sehingga hubungan antara rantai molekul selulosa semakin kuat melalui ikatan hidrogen sehingga ketebalan dari SB akan berkurang (Poletto *et.al.* 2013).



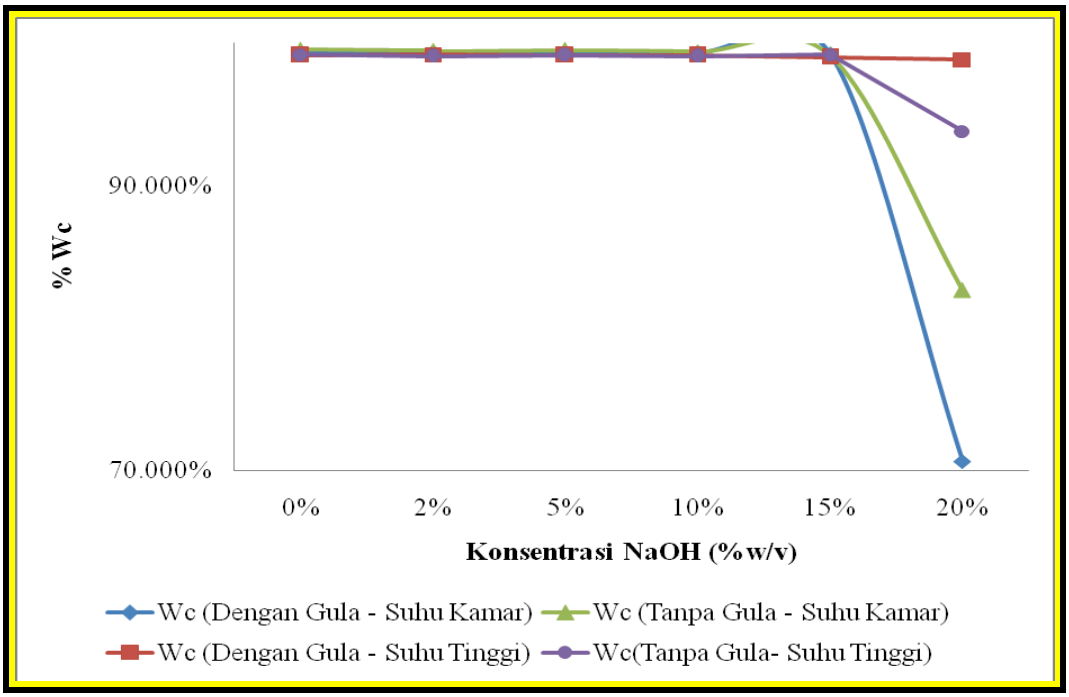
Gambar 5.5. Pengaruh konsentrasi NH_4OH terhadap ketebalan SBDPG dan SBTPG (cm)

5.3.2. Analisis Kandungan Air (*Water Content*) MC

Kadar air pada MC 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. Semakin banyak gula yang ditambahkan dalam media fermentasi, menyebabkan kadar air menjadi turun sampai batas penambahan konsentrasi tertentu. Penambahan konsentrasi gula sebesar 10% merupakan kondisi optimum bagi bakteri untuk mengubah glukosa menjadi selulosa yang mengakibatkan selulosa yang terbentuk semakin tebal dan jaringan selulosa akan semakin rapat sehingga air yang terperangkap semakin kecil yang mengakibatkan kadar air turun.

A. Pengaruh Konsentrasi NaOH terhadap Water Content

Berdasarkan Gambar 5.6 dapat dilihat bahwa nilai % *water content* MC dengan penambahan dan tanpa penambahan gula setelah direndam atau dimurnikan dengan larutan NaOH pada suhu kamar selama 24 jam nilai % *water content* MC tanpa penambahan gula lebih besar dari MC dengan penambahan gula. Nilai % *water content* selulosa bakterial tanpa penambahan gula berkisar antara 82,651-99,530%, sedangkan SB dengan penambahan gula berkisar antara 70,634-99,393%.



Gambar 5.6. Pengaruh Konsentrasi NaOH terhadap kandungan air MC

Berdasarkan gambar 5.6 juga dapat dilihat bahwa nilai % *water content* MC dengan penambahan gula dan MC tanpa penambahan gula setelah direndam atau dimurnikan dengan larutan NaOH pada suhu 80-90°C selama 2 jam nilai % *water content* MC dengan penambahan gula lebih kecil dibandingkan dengan MC tanpa penambahan gula. Nilai % *water content* MC dengan penambahan gula berkisar antara 98,827-99,190%, sedangkan selulosa tanpa penambahan gula berkisar antara 93,816-99,196%.

Berdasarkan Gambar 5.6 dapat dilihat perbandingan kandungan air SBDPG dan SBTPG yang mencolok pada konsentrasi pemurnian 20% baik pada suhu kamar maupun suhu 85°C. Kandungan air SBDPG lebih rendah dibandingkan dengan SBTPG pada suhu kamar, hal ini dikarenakan ketebalan SBDPG lebih tebal dibandingkan SBTPG. MC yang tebal berarti kandungan polisakaridanya tinggi dan kemampuan mengikat air juga besar, namun dengan tebalnya MC yang terbentuk maka selulosa yang terbentuk juga semakin rapat sehingga air yang terperangkap juga semakin sedikit. Dengan kata lain semakin banyak

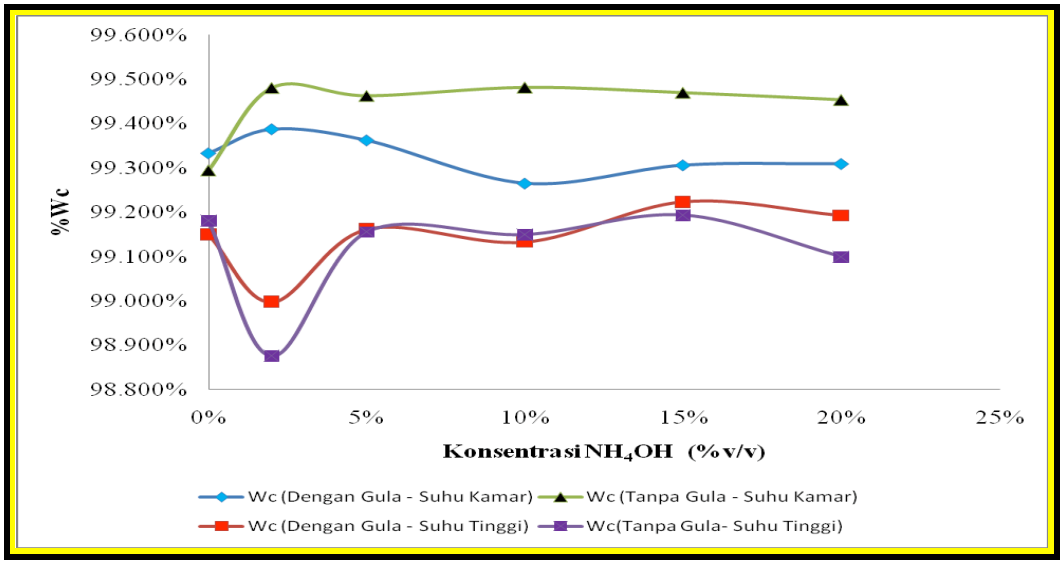
selulosa yang terbentuk akan menyebabkan jaringan antar selulosa juga semakin rapat. Kadar air yang terdapat pada MC yang tebal berbeda tidak nyata dengan MC yang tipis. Pada MC yang tipis selulosa yang dihasilkan tidak rapat sehingga banyak air yang terperangkap didalamnya yang mengakibatkan kadar air MC juga tinggi.

Kandungan air SBDPG lebih tinggi dibandingkan dengan SBTPG suhu 85°C pada konsentrasi NaOH 20%, hal ini dapat terjadi karna pada SBDPG memiliki kandungan selulosa lebih banyak dibandingkan SBTPG. Sehingga pada pemanasan suhu tinggi kandungan air pada SBDPG sedikit lepas, karena air dalam SBDPG terperangkap oleh jaringan selulosa yang rapat. Sebaliknya, pada SBTPG memiliki kandungan selulosa yang sedikit sehingga kandungan air pada SBTPG mudah lepas dengan pemanasan.

B. Pengaruh Konsentrasi NH_4OH terhadap Water Content

Beradasarkan gambar 5.7 dapat dilihat bahwa nilai % *water content* MC dengan penambahan gula dan MC tanpa penambahan gula setelah direndam atau dimurnikan dengan larutan NH_4OH pada suhu kamar selama 24 jam nilai % *water content* MC dengan penambahan gula lebih rendah dibandingkan dengan MC tanpa penambahan gula. Nilai % *water content* MC dengan penambahan gula berkisar antara 99,265-99,387%, sedangkan MC tanpa penambahan gula berkisar antara 99,333 -99,482%.

Nilai % *water content* dipengaruhi oleh ketebalan MC, hal ini dikarenakan SMC yang tebal memiliki kandungan polisakarida yang tinggi sehingga kandungan air yang terperangkap juga semakin sedikit. Sebaliknya MC yang tipis memiliki kandungan air yang lebih banyak karna selulosa yang terbentuk tidak rapat sehingga memungkinkan air lebih banyak terperangkap.



Gambar 5.7. Pengaruh Konsentrasi NH_4OH terhadap kandungan air MC

Berdasarkan gambar 5.7 juga dapat dilihat bahwa nilai % *water content* SBDPG dan SBTPG setelah direndam atau dimurnikan dengan larutan NH_4OH pada suhu 85°C selama 24 jam, nilai % *water content* SBDPG lebih tinggi dibandingkan dengan SBTPG. Nilai % *water content* SBDPG berkisar antara 98,997-99,224%, sedangkan SBTPG berkisar antara 98,875-99,193%.

Hasil dari % water content pada SBTPG lebih kecil dibandingkan SBDPG pada suhu 85°C. Sama halnya pada perlakuan dengan NaOH suhu 85°C. Hal ini dapat terjadi karna pada SBDPG memiliki kandungan selulosa lebih banyak dibandingkan SBTPG. Sehingga pada pemanasan suhu tinggi kandungan air pada SBDPG sedikit lepas, karena air dalam SBDPG terperangkap oleh jaringan selulosa yang rapat. Sebaliknya, pada SBTPG memiliki kandungan selulosa yang sedikit sehingga kandungan air pada SBTPG mudah lepas dengan pemanasan.

Kandungan air yang relatif tinggi pada MC disebabkan karena MC sebagian besar tersusun dari selulosa dimana gugus hidroksil dari selulosa dapat berikatan dengan gugus hidrogen dari air. Kadar air pada MC selain air bebas juga air yang terikat secara fisik dalam

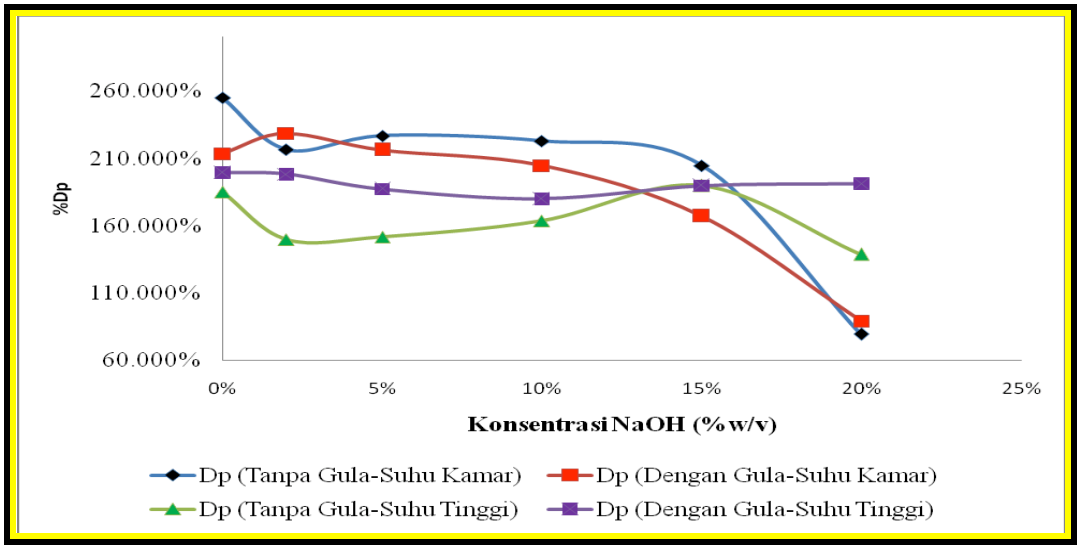
jaringan matriks, jadi banyaknya air yang terperangkap dalam jaringan matriks tersebut akan mempengaruhi kadar air selulosa.

5.3.3. Analisis Derajat Penggembungan (*Swelling*) Membran MC

Derajat penggembungan (*swelling)* merupakan salah satu parameter sifat fisik membran. Semakin rapat struktur dari film, menyebabkan proses difusi air ke dalam film lebih sulit. Uji ini dilakukan dengan merendam film dalam air pada suhu ruang hingga tercapai kesetimbangan penyerapan air. Jenis penggembungan membran yang terjadi adalah jenis penggembungan inerfibriler dimana air hanya masuk ke dalam daerah-daerah mikrofibriler yang tidak teratur (amorf) dan diantaranya. Hal ini disebabkan karena ikatan hidrogen pada daerah amorf lebih lemah dibandingkan daerah kristalin.

A. Pengaruh Konsentrasi NaOH terhadap Derajat Swelling

Gambar 5.8 menampilkan pengaruh konsentrasi NaOH terhadap derajat swelling. Dari Gambar 5.8 terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi NaOH, derajat swelling semakin rendah. Hal ini bersesuaian dengan pengaruh konsentrasi NaOH terhadap ketebalan MC, yaitu kadar perendam larutan NaOH dapat meningkatkan kemurnian selulosa yang dihasilkan sehingga hubungan antar rantai dalam selulosa semakin kuat melalui ikatan hidrogen antar rantai, mengakibatkan struktur MC menjadi lebih rapat.



Gambar 5.8. Pengaruh Konsentrasi NaOH terhadap derajat penggembungan MC

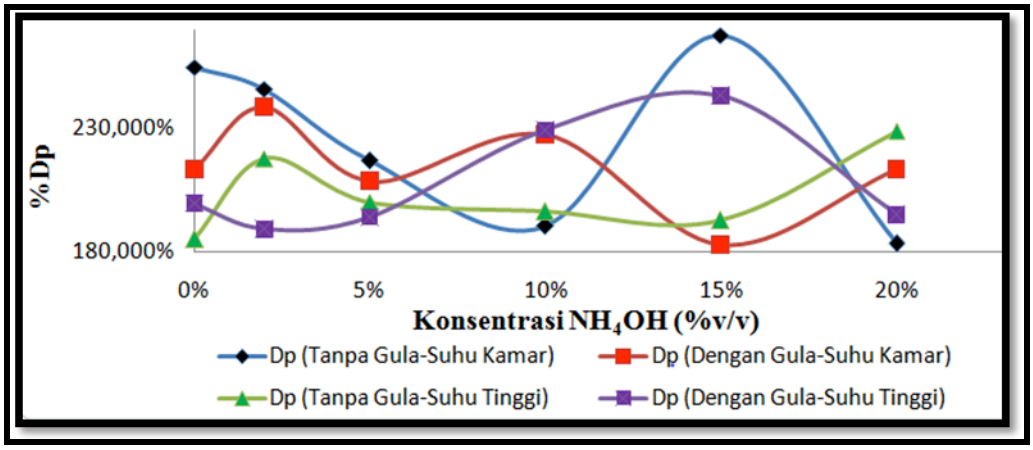
Hal ini menunjukkan bahwa semakin rapat struktur film selulosa bakterial sehingga proses difusi air ke dalam film lebih sulit yang berakibat pada derajat swelling menjadi rendah.

B. Pengaruh Konsentrasi NH_4OH terhadap Derajat Swelling

Gambar 5.9 menampilkan pengaruh konsentrasi NH_4OH terhadap derajat swelling. Dari Gambar 5.9 terlihat bahwa derajat swelling pada MC tanpa dan penambahan gula baik pada suhu tinggi maupun kamar terjadi variasi derajat penggembungan, hal ini dikarenakan gugus OH pada selulosa murni digantikan oleh gugus amina yang berasal dari larutan amoniak, yang mengakibatkan pengikatan air pada selulosa menjadi menurun atau bervariasi.

Berdasarkan Gambar 5.9 dapat dilihat perbandingan derajat penggembungan SBDPG lebih rendah dibandingkan dengan SBTPG pada suhu kamar, hal ini dikarenakan ketebalan SBDPG lebih tebal dibandingkan SBTPG. MC yang tebal berarti kandungan polisakaridanya tinggi dan pori-pori SB yang sempit sehingga semakin sulit untuk digembungkan. Polimer yang berikatan silang tinggi akan lebih sulit untuk digembungkan, sehingga derajat penggembungannya menurun (Putra *et.al*. 2008). Dengan kata lain semakin banyak selulosa

yang terbentuk akan menyebabkan jaringan antar selulosa juga semakin rapat dan derajat penggembungannya akan semakin kecil atau rendah.



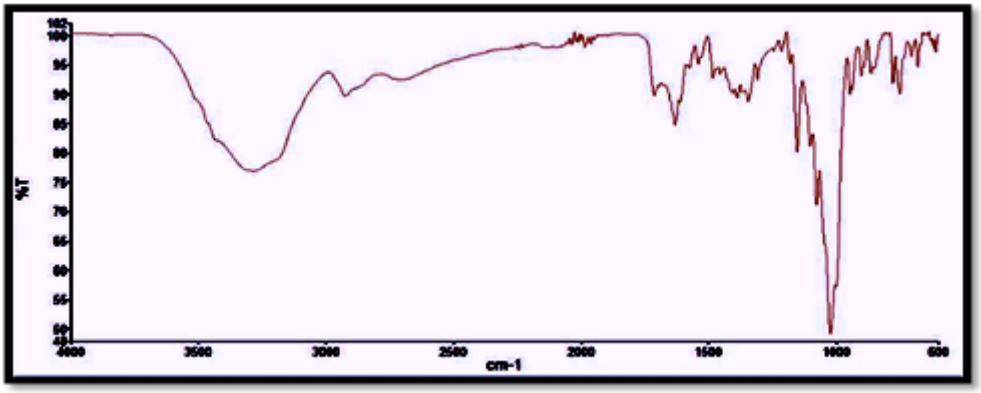
Gambar 5.9. Pengaruh Konsentrasi NH_4OH terhadap derajat penggembungan MC

Derajat penggembungan SBDPG lebih tinggi dibandingkan dengan SBTPG suhu 85°C hal ini dapat terjadi karena pada SBDPG kandungan selulosanya lebih banyak dibandingkan SBTPG. Sehingga pada pemurnian dengan NH_4OH ini, gugus OH pada selulosa akan digantikan dengan gugus amina. Jadi, pada SBDPG memiliki selulosa lebih banyak dibandingkan dengan SBTPG, sehingga gugus OH pada SBDPG lebih banyak digantikan dengan gugus amina dibandingkan dengan SBTPG. Dan dihasilkan derajat penggembungan lebih besar pada SBTPG karna terjadi ikatan hidrogen pada gugus amina dengan air.

5.4. Analisis Struktur Membran MC

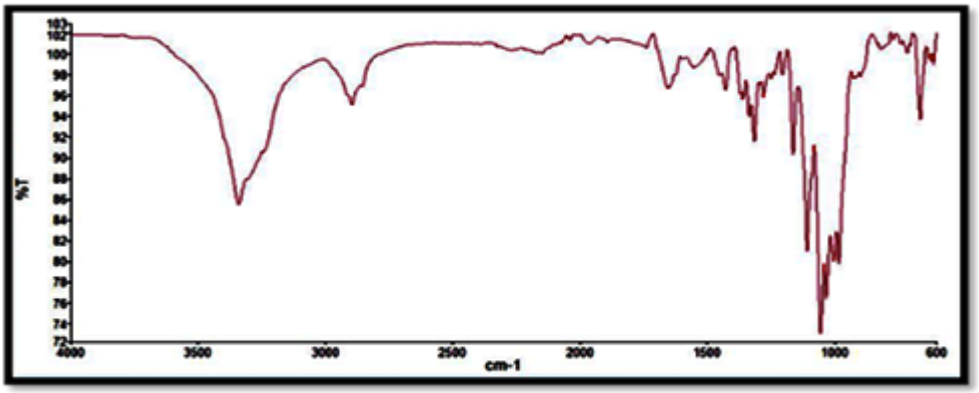
5.4.1. Analisa Fourier Transform Infrared (FTIR)

Analisa FTIR bertujuan untuk menentukan gugus fungsi dari membran MC. Prinsip kerja dari metode ini adalah penyerapan radiasi infra merah oleh sampel agar mengalami perpindahan ke tingkat vibrasi tereksitasi pertama.



Gambar 5.10. Spektrum FT-IR SBDPG 0%

Gambar 5.10 memberikan spektrum FT-IR SBDPG 0% dengan serapan pada daerah bilangan 3289,22cm^{-1} menunjukkan adanya gugus hidroksil (OH) yang berasal dari unit β-glukosa. Serapan pada bilangan gelombang 2926,29 cm^{-1} menunjukkan C-H. serapan pada bilangan gelombang 1634,30cm^{-1} menunjukkan gugus karbonil (C=O) pada ujung terminal dari SB. Serapan pada 1153,26cm^{-1} menunjukkan adanya serapan dari ikatan C-O-C dari bentuk glikosida.serapan pada bilangan gelombang 1023,04cm^{-1} menunjukkan adanya cincin piranosa dan ikatan glikosida.

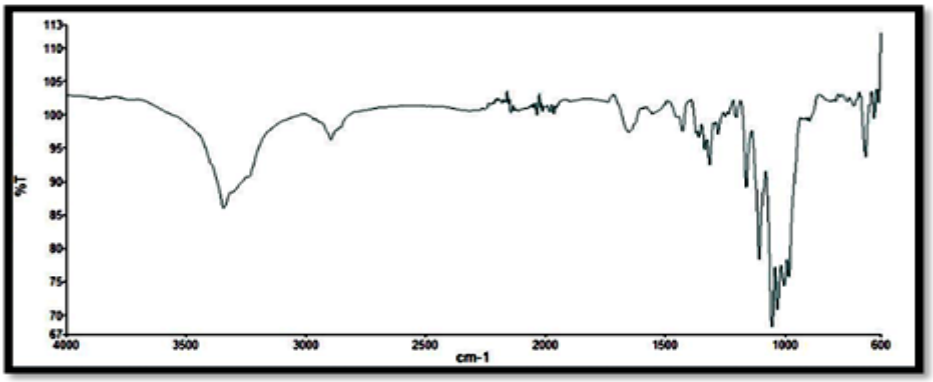


Gambar 511. Spektrum FT-IR SBTPG 0%

Gambar 5.11 menunjukkan spectrum FT-IR SBTPG 0% dengan serapan puncak-puncak bilangan gelombang (cm^{-1}): 3341,50 yang menunjukkan adanya gugus OH;

2895,23 menunjukkan serapan C-H; 1657,04 menunjukkan gugus karbonil (C=O) pada ujung terminal dari selulosa bakterial; 1163,39 menunjukkan adanya serapan dari ikatan C-O-C dari bentuk glikosida; 1033,14 menunjukkan adanya rentangan C-O gugus hidroksil pada unit anhidroglukosa.

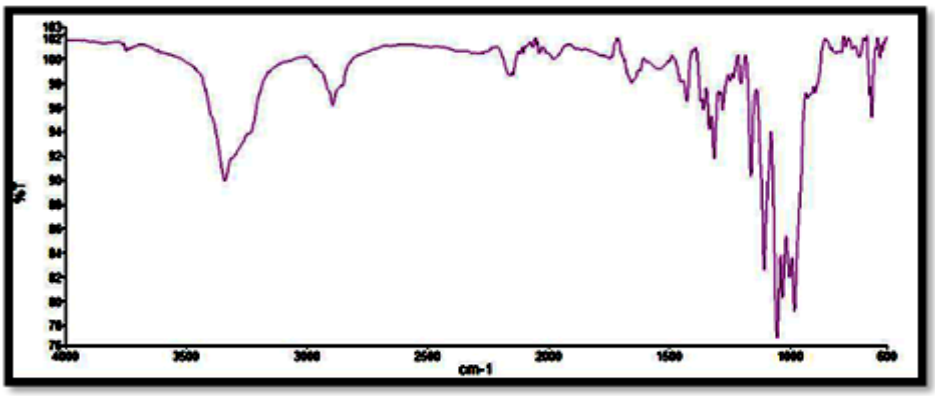
Spektrum FT-IR SBTPG 0% yang ditunjukkan pada Gambar 5.11. Bila dibandingkan dengan spektrum FT-IR SBDPG 0% ditunjukkan pada Gambar 5.10, terlihat penurunan tajam pada intensitas serapan gugus OH. Hal ini disebabkan SBDPG memiliki kandungan selulosa yang lebih banyak dibandingkan SBTPG, sehingga gugus OH pada SBDPG lebih banyak dibandingkan SBTPG.



Gambar 5.12. Spektrum FT-IR SBDPG N20%

Gambar 5.12 menunjukkan spektrum FT-IR SBDPG N20% (N20% perendaman dalam NaOH 20%) adalah dengan serapan puncak-puncak bilangan gelombang (cm^{-1}): 3343,61 menunjukkan adanya gugus O-H yang berasal dari unit β-glukosa; 2896,46 menunjukkan serapan C-H; 1652,00 menunjukkan gugus karbonil (C=O) pada ujung terminal dari selulosa bacterial; 1315,40 merupakan serapan C-O; 1162,39 atau 1108,15 menunjukkan adanya serapan dari ikatan C-O-C dari bentuk glikosida; 1054,82 menunjukkan adanya rentangan

C-O gugus hidroksil anhidroglukosa; dan bilangan 663,07cm^{-1} merupakan suatu alkil halide (C-Na).

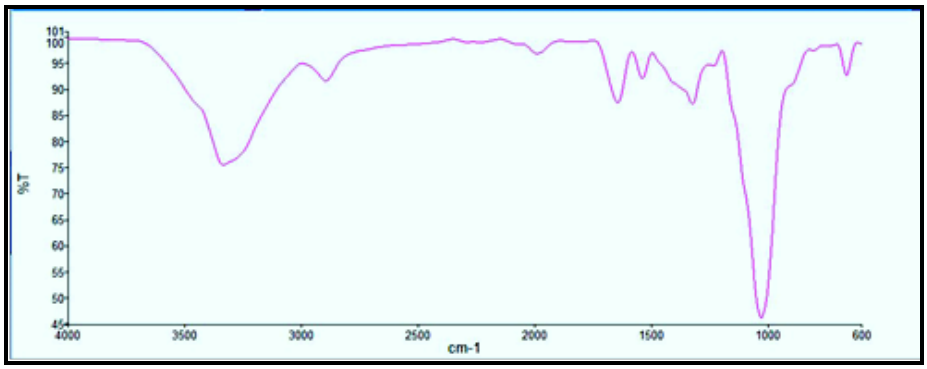


Gambar 5.13. Spektrum FT-IR SBTPG N 20%

Gambar 5.13 menunjukkan spektrum FT-IR SBTPG N20% dengan serapan puncak-puncak bilangan gelombang (cm^{-1}): 3342,65 menunjukkan adanya gugus O-H yang berasal dari unit β-glukosa; 2893,90 menunjukkan serapan C-H; 1657,02 menunjukkan gugus karbonil (C=O) pada ujung terminal dari SB; 1315,20 merupakan serapan C-O; 1163,08 atau 1108,54 menunjukkan adanya serapan dari ikatan C-O-C dari bentuk glikosida; 1054,85 menunjukkan adanya rentangan C-O gugus hidroksil anhidroglukosa dan bilangan 663,53cm^{-1} merupakan suatu alkil halide (C-Na).

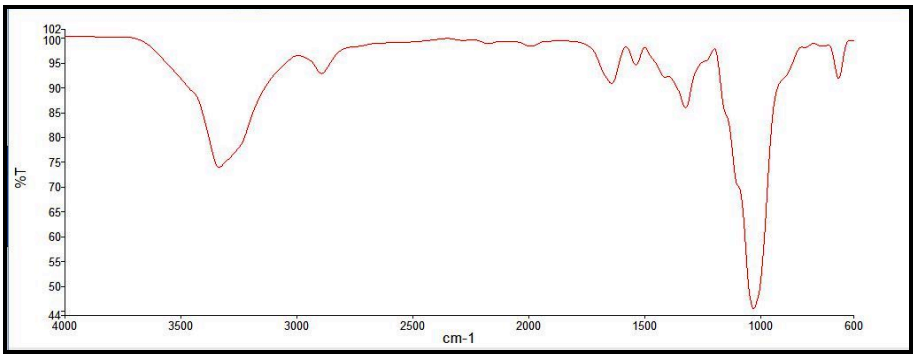
Spektrum FT-IR SBTPG N20% ditunjukkan pada Gambar 5.13. Bila dibandingkan dengan spektrum FT-IR SBDPG N20% ditunjukkan pada Gambar 5.12, terlihat penurunan tajam pada intensitas serapan gugus OH. Hal ini disebabkan SBDPG memiliki kandungan selulosa yang lebih banyak dibandingkan SBTPG, sehingga gugus OH pada SBDPG lebih banyak dibandingkan SBTPG. Intensitas serapan gugus OH pada SBDPG N20% dan SBTPG N20% lebih rendah dibandingkan dengan SBDPG dan SBTPG 0%. Hal ini dapat terjadi

karna sebagian gugus OH digantikan dengan gugus C-Na, yang mana Na berasal dari larutan NaOH.



Gambar 5.14. Spektrum FT-IR SBDPG A20%

Gambar 5.14 menunjukkan spektrum FT-IR SBDPG A20% (A20% perendaman dengan NH_4OH 20%) dengan serapan puncak-puncak bilangan gelombang (cm^{-1}): 3335,45 menunjukkan adanya gugus OH; 2896,75 menunjukkan serapan C-H; 1644,70 menunjukkan gugus karbonil (C=O) pada ujung terminal dari SB; 1324,76 merupakan serapan C-O; 1030,95 menunjukkan adanya rentangan C-O gugus hidroksil anhidroglukosa dan bilangan 664,87cm^{-1} merupakan suatu alkil halide.



Gambar 5.15. Spektrum FT-IR SBTPG A20%

Gambar 5.15 menunjukkan spektrum FT-IR SBTPG A20% dengan serapan puncak-puncak bilangan gelombang (cm^{-1}): 3335,80 menunjukkan adanya gugus OH; 2894,17 menunjukkan serapan C-H; 1643,73 menunjukkan gugus karbonil (C=O) pada ujung

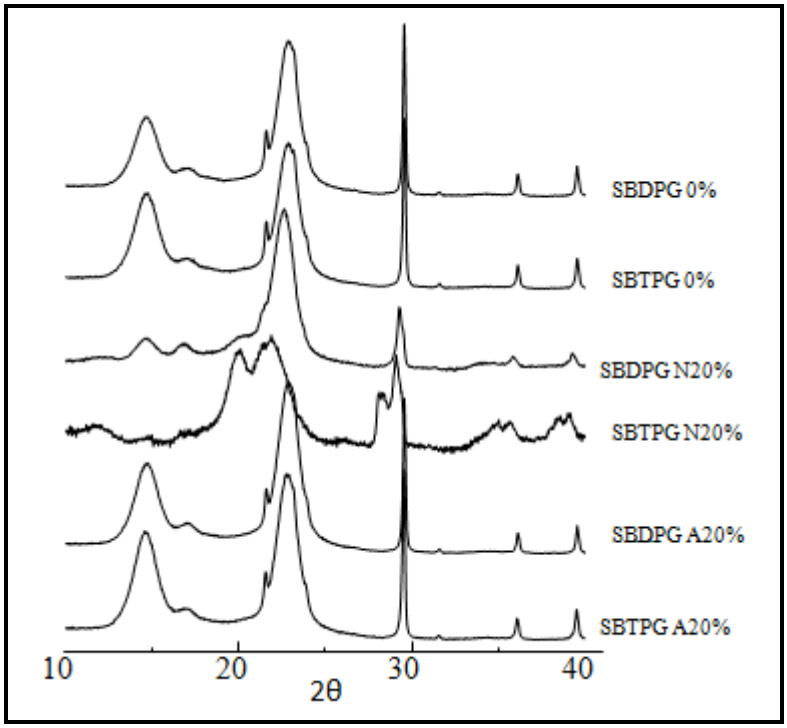
terminal dari SB; 1324,43 merupakan serapan C-O; 1031,95 menunjukkan adanya rentangan C-O gugus hidroksil anhidroglukosa dan bilangan 665,42cm^{-1} merupakan suatu alkil halide.

Spektrum FT-IR SBTPG A20% ditunjukkan pada Gambar 5.15. Bila dibandingkan dengan spektrum FT-IR SBDPG A20% ditunjukkan pada Gambar 5.14, terlihat penurunan intensitas serapan gugus OH. Hal ini disebabkan SBDPG memiliki kandungan selulosa yang lebih banyak dibandingkan SBTPG, sehingga gugus OH pada SBDPG lebih besar dibandingkan SBTPG. Hal ini dapat terjadi karna sebagian gugus OH digantikan dengan gugus NH, yang mana NH berasal dari larutan NH_4OH.

5.4.2. Analisa Difraksi Sinar-X (XRD)

Derajat kristalinitas adalah besaran yang menyatakan banyaknya kandungan kristal dalam suatu material dengan membandingkan luasan kurva kristal dengan penjumlahan luasan kristal dan amorf. Kristalinitas dari membran akan mempengaruhi kinerjanya, derajat kristalinitas membran ditentukan dengan difraksi sinar-X, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.16.

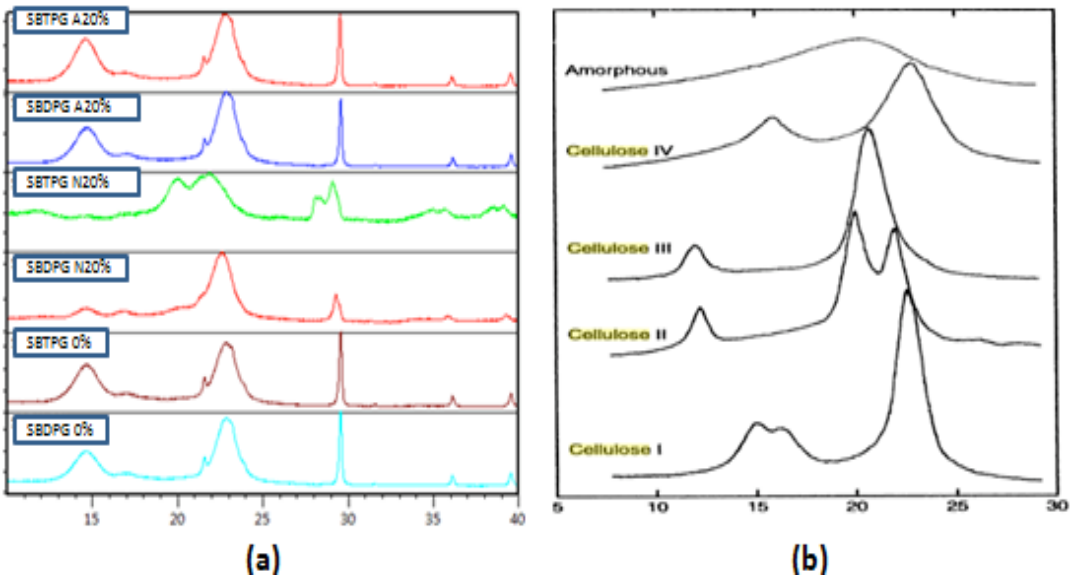
Pola difraktogram MC dari penelitian ini merupakan polimer semi kristalin. Hal ini terlihat pada pola difraktogram yang memperlihatkan adanya puncak diantara 10°dan 25° pada sudut 2θ, kecuali intensitasnya yang mengalami perubahan.



Gambar 5.16. Pola difraksi sinar-X membran MC

Gambar 5.17 dapat kita bandingkan difraktogram selulosa hasil penelitian dengan difraktogram selulosa menurut Hon (1996) . Dari hasil penelitian ini dapat diketahui jenis selulosa. SBDPG 0%, SBTPG 0%, SBDPG A20% dan SBTPG A20% merupakan selulosa I yang dibuktikan dengan adanya munculnya difraksi pada $2\theta = 14^o$, 16° dan 23°. Sedangkan SBDPG N20% merupakan selulosa II yang ditandai dengan munculnya difraksi pada $2\theta = 20^o$ dan 22° (Pandey *et.al.* 2014).

Tabel 5.1 menunjukkan bahwa derajat kristalinitas membran MC keenam variasi membran lebih dari 40%. Nilai ini sebanding dengan derajat kristalinitas MC yang dilaporkan dalam *Polymer Handbook* edisi ke 4 yaitu sebesar 40%. Pada sampel MC dengan penambahan gula (SBDPG N20%) yaitu perendaman dengan larutan NaOH 20% didapatkan derajat kristalinitas paling tinggi yaitu 78,27%. Hal ini dibuktikan oleh penyerapan air yang rendah.



Gambar 5.17. Pola difraksi sinar-X (a) hasil penelitian dan (b) selulosa I, II, III, IV dan selulosa amorf menurut Hon (1996).

Tabel 5.1 Derajat kristalinitas membran MC

Variasi	Berat Total (g)	Berat Amorf (g)	Berat Kristal (g)	% Kristalinitas
SBDPG 0%	0,0990	0,0262	0,0728	73,54
SBDPG N20%	0,0842	0,0183	0,0659	78,27
SBDPG A20%	0,1159	0,0298	0,0861	74,29
SBTPG 0%	0,1093	0,0308	0,0785	71,82
SBTPG N20%	0,1240	0,0548	0,0692	55,80
SBTPG A20%	0,1155	0,0297	0,0858	74,28

Ukuran kristal dihitung dengan persamaan Scherrer. Ukuran Kristal berbanding terbalik dengan harga FWHM. Semakin kecil nilai FWHM menunjukkan ukuran kristal semakin besar. Ukuran kristal dihitung pada bidang 002 (*h,k,l*) karena pada bidang ini tejadi intensitas 100%. Untuk menentukan ukuran kristal MC berdasarkan nilai FWHM (*Full Width at Half-Maximum*) pada berbagai puncak pada pola difraktogram dapat menggunakan persamaan *Debeye* Scherrer :

$$D = \frac{0,94\ \lambda}{B \cos \theta}$$

Dengan D adalah ukuran kristal, λ= 0,154 nm adalah panjang gelombang sinar-X, B adalah nilai FWHM merupakan setengah lebar dari puncak tertinggi, θ adalah sudut difraksi dan 0,94 adalah konstanta. Hasil perhitungan dari persamaan *Debeye Scherrer* dapat dilihat pada table 5.2

Tabel 5.2 Ukuran Kristal MC

Variasi	Ukuran Kristal (nm)	Variasi	Ukuran Kristal (nm)	Variasi	Ukuran Kristal (nm)
SBDPG 0%	60,76	SBDPG N20%	67,11	SBDPG A20%	13,96
SBTPG 0%	60,76	SBTPG N20%	70,71	SBTPG A20%	53,22

Pemurnian menggunakan larutan NaOH 20%, ukuran kristal menjadi lebih besar dibandingkan dengan selulosa murni dapat dilihat pada tabel 5.2. Sedangkan ukuran kristal untuk pemurnian menggunakan NH_4OH 20% lebih kecil dibandingkan dengan selulosa murni. Hasil ini dibuktikan oleh penyerapan air yang besar pada pemurnian dengan NH_4OH

BAB 6. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA

Rencana tahapan berikutnya adalah sebagai berikut:

1. Karakterisasi morfologi semua produk MC yang telah di hasilkan (MC dari limbah air kelapa, air tahu dan ekstrak dari tanaman/buah-buahan yang ada di Sumatera Barat, ekstrak ubi, tebu, nanas, tomat, bengkuang) menggunakan SEM dan menganalisa datanya.
2. Karakterisasi sifat mekanik semua produk MC yang telah dihasilkan (MC dari limbah air kelapa, air tahu dan ekstrak dari tanaman/buah-buahan yang ada di Sumatera Barat, ekstrak ubi, tebu, nanas, tomat, bengkuang) dengan melakukan Uji tarik dan menganalisa datanya
3. Preparasi dan karakterisasi komposit selulosa bakterial/material organik dan non organik dengan bahan dasar selulosa bacterial yang telah di hasilkan pada tahun pertama
4. Preparasi dan karakterisasi biodegradable plastik berbasiskan selulosa bakterial yang telah dihasilkan dari tahun pertama.
5. Menyelesaikan draft dan mensubmit artikel-artikel yang telah disiapkan dari hasil penelitian ini ke jurnal Internasional/Nasional terakreditasi.
6. Menyiapkan bahan presentasi untuk seminar Internasional/nasional dan artikel ilmiah.
7. Menyiapkan proposal penelitian lanjutan tahun ke dua dari penelitian ini.

BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Ketebalan MC baik dari limbah air kelapa dengan penambahan gula maupun tanpa penambahan gula, pada umumnya mengalami penurunan. Persentase kadar air MC dengan penembahan gula, SBDPG lebih rendah dibandingkan MC tanpa penambahan gula, SBTPG, sedangkan persentase derajat penggembungan SBTPG lebih besar dibandingkan SBDPG. Hasil spektra FTIR pada SBDPG dan SBTPG menunjukkan adanya gugus fungsi selulosa. Dari data XRD, derajat kristalinitas SBDPG lebih tinggi dibandingkan SBTPG dan tidak terjadi perubahan struktur selulosa I.
2. Selanjutnya medium perendam NaOH baik suhu kamar maupun suhu 85°C mempengaruhi sifat fisik MC**.** Ketebalan MC baik dengan penambahan gula maupun tanpa penambahan gula, pada umumnya mengalami penurunan dengan meningkatnya konsentrasi media perendam NaOH. P**e**rsentase kadar air, derajat penggembungan SBDPG setelah perendaman dengan NaOH lebih rendah dibandingkan SBTPG. Hasil spektra FTIR pada SBDPG dan SBTPG menunjukkan adanya gugus fungsi selulosa. Spektra FTIR SBTPG menunjukkan penurunan tajam pada intensitas serapan gugus OH. Data XRD, menunjukkan derajat kristalinitas SBDPG lebih tinggi dibandingkan SBTPG, dan perubahan struktur selulosa I manjadi selulosa II.pada SBDPG.
3. Pada medium perendam NH_4OH baik suhu kamar maupun suhu 85°C tidak signifikan mempengaruhi sifat fisik dan strukturnya, tetapi tendensi perubahan ketebalan,

persentase kadar air, derajat penggembungan, hasil spektra FTIR dan XRD sama dengan perendaman dengan medium NaOH, tetapi tidak terjadi perubahan struktur selulosa I ke selulosa II

7.2. SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka disarankan untuk peneliti selanjutnya diperlukan kajian lebih lanjut mengenai karakterisasi morfologi menggunakan SEM, untuk analisis permukaan dari SBDPG dan SBTPG dari limbah air kelapa serta uji tarik untuk mengetahui sifat mekaniknya, sehingga SBDPG dan SBTPG dapat diaplikasikan sesuai karakteristiknya.

DAFTAR PUSTAKA

Bielecki, S. Krystynowicz, A. Turkiewicz, M and Kalinowska, H. 2005, *Bacterial Cellulosa*. Institute of Technical Biochemistry, Technical University of Ludz, Stefanowskiego.

Cavka, A. Guo, X. Tang, S. Winestrand, S. Jonson, L, J and Hong, F. 2013, *Production of Bacterial Cellulose and Enzyme from Waste Fiber Sludge*. **Biotechnology for Biofuels**. Vol. 6:25

Ciechanska, D. 2004, *Multifunctional Bacterial Cellulose / Chitosan Composite Materials for Medical Application*. **FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe**. Vol. 12, No. 4:48

Engelhardt J., 1995, Source, *Industrial Derivates and Commercial Application of Cellulose*, **J. Carbohydrate in Europe**, 12, 5-13.

Fenger D. dan G. Wegener, 1989, *Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reaction*, Walter de Gryyter & Co, Berlin.

Figini M., 1982, *Cellulose and Other Natural Polymer System*, Plenum, New York.

Hagiwara Y., A. Putra, A. Kakugo, H. Furukawa, J.P. Gong, Y. Osada, 2010 *Ligament-like Tough Network Hydroge Based on Bacterial Cellulose*, **Cellulose**, 17, 93-101.

Hameed, N, D. Al-Jailawi, M and Jasim, H, M. 2012, *Enhancement and Optimization of cellulose production by Gluconacetobacter xylinus N2*. **Scientific Journal of King Faisal University** *(Basic and Applied Sciences)*. Vol.13, No.2: 1433

Hoenich, N. 2006, *Cellulose for Medical Applications*, **Bioresources**. Vol. 1, No. 2: 270-280

Hon, D.N.S. 1996, *Chemical Modification of Lignocellulosic Materials.* Marcel Dekker. New York.

Kalial, S., Kaithl, B.S. & Kaur, I., 2011, *Cellulose Fibers: Bio- and Nano-Polymer Composites (Green Chemistry and Technology)*, Verlag Berlin Heidelberg German: Springer

Keshk, S, MAS. 2014, *Bacterial Cellulose Production and its Industrial Applications*, **Bioprocessing & Biotechniques**. Vol. 4, No. 2: 150

Klemm, D. et al., 1998, *Comprehensive Cellulose Chemistry Volume l Fundamentals and Analytical Methods*, New York: WILEY-VCH.

Lapuz, M. M., Golardo, E. G., & Palo, M. A. 1967, *The Organism-Culture Requirements. Characteristics and Identity*, **The Philippine J. Science**. 96: 101-109.

Lavoine, N. *et al*., 2012, *Microfibrillated cellulose – Its barrier properties and applications in cellulosic materials: A review*, **Carbohydrate Polymer***s*, 90, pp.735– 764

Lehninger A.L., 1993, *Dasar-Dasar Biokimia*, Jilid 1. Thenawidjaja, M., penerjemah; Jakarta: Erlangga. Terjemahan dari: Principles of Biochemistry.

Ludmila C. F, 2008, *Cellulose Swelling by Aprotic and Protic Solvents: What are the similarities and Differences?* **Macromol. Chem. Phys**. 209, 1240–1254

Meshitsuka G dan A. Isogai, 1996, *Chemical Structure of Cellulose, Hemicelulose and Lignin, dalam Chemical Modification of Lignocellulosic Materials*, Hon, DNS (ed) Marcel Dekker, New York.

Milking. 2013, *Acetobacter Xylinum*. http://blog.ub.ac.id/s1207 /tag/mikling/ (diakses 3 Oktober 2014)

Moon, R. J., Martini, A., Nairn, J., & Youngblood, J. 2011, *Cellulose nanomaterials review: structure , properties and nanocomposites,* ***Chem Soc Rev***, .3941–3994). doi:10.1039/c0cs00108b

Morehead, F.F., 1952, **Textile Research** J, 22, 53.
Nakano-Sumimase, 1994, Japan Patent, **JP061225780**.
Nishi Y., M. Uryu, S. Yamanaka, K. Watanabe, N. Kitamura, M. Iguchi, 1990, *The Structure and Mechanical Properties of Sheet Prepared from Bacterial Cellulose*, **J. Mat.Sci**, 24, 3141-3145.
Ott, Emil, H.M. Spurlin, M.W. Griffin, 1954, *Cellulose and Cellulose Derivate, Part 1*, Vol 5. Interscience Pub. Inc, New York.
Pandey, M. Abeer, M, M and Amin, M, C, I. 2014. *Dissolution Study of Bacterial Cellulose (Nata de Coco) From Lokal Food Industry: Slubility Behavior & Struktural Change*. **International Journal of Pharmacy and Pharmacceutical Science***s*. Vol. 6. Issue 6: 89-93
Philip, G.O and Williams, P.A. 2000. *Handbook of Hydrocolloids*. Cambridge. Woodhead Publishing Limited
Poletto, M., Pistor, V., & Zattera, A. J. 2013. *Structural Characteristics and Thermal Properties of Native Cellulose.*
Putra A., A. Kakugo, H. Furukawa, J.P. Gong, Y. Osada, T. Uemura, M. Yamamoto, 2008, *Production of bacterial cellulose with well oriented fibril on PDMS substrate*, **Polymer Journal**, Vol. 40, No. 2, 137-142.
Putra A., A. Kakugo, H. Furukawa, J.P. Gong, Y. Osada, 2008, *Tubular Bacterial Cellulose Gel with Oriented Fibrils on the Curved Surface*, **Polymer**, Vol. 49, No. 7, 1885-1891.
Putra A., A. Kakugo, H. Furukawa, J. P. Gong, 2009, *Oriented Bacterial Cellulose Culture Controlled by Liquid Substrate of Silicone Oil with Different Viscosity and Thickness*, **Polymer Journal**, Vol. 41, No 9, 764-770.
Raghunathan, D. 2013. *Production of Microbial Cellulose from the New Bacterial Strain Isolated from Temple Wash Waters.* **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**. Vol. 2, No. 12: 275-290
Rizal, H, M. Pandiangan, D, M dan Saleh, A. 2013. *Pengaruh Penambahan Gula, Asam Asetat dan Waktu Fermentasi terhadap Kualitas Nata De Corn*. **Jurnal Teknik Kimia**. Vol. 9, No.1
Ross P., M. Raphael, B. Moshe, 1991, *Cellulose Biosynthesis and Function in Bacteria*, Dept. of Bacteriological Chem. Jerusalem.
Suwanposri, A. Yukphan, . Yamada, Y and Ochaikul, D. 2013. *Identification and biocellulose production of Gluconacetobacter strains isolated from tropical fruits in Thailand*. **Maejo International Journal of Science and Technology**. Vol. 7, No. 1: 70-82
Yin, N. Santos, T, M, A. Auer, G, K. Crook, J, A. Olivier, P, M and Weibel, D, B. 2014. *Bacterial Cellulose as a Substrate for Microbial Cell Culture*. **Applied and Environmental Microbiology**. Vol. 80, No 6: 1926–1932
Yoshinaga F., N Tonouchi dan K. Watanabe, 1997, *Research Progress in Production of Bacterial Cellulose by Aeration and Agitation Culture and Its Application as a New Industrial Material*, **Biosci. Biotech. Biochem.**, 6, 199-224.
White D.G., dan R.M. Brown, 1988, *Prospect of Commercialization of Biosynthesis of Microbial Cellulose and Wood*, **Proceeding of Tenth Cellulose Conference**, New York.

Lampiran 1. Dukungan Sarana dan Prasarana Pendukung Penelitian

No	Sarana Pendukung	Kepemilikan	Status
1.	Peralatan gelas	Sendiri	Siap digunakan
2.	Timbangan analitis	Laboratorium Kimia	Siap digunakan bila diperlukan
3.	Sentrifugal	Laboratorium Kimia	Siap digunakan bila diperlukan
4.	Vortex-Mixer	Sendiri	Siap digunakan bila diperlukan
5.	Parafilm	Sendiri	Siap digunakan bila diperlukan
6.	Mikroskop cahaya terpolarisasi	Laboratorium Kimia	Perlu diperbaiki lampunya
7.	Turbidimeter	Laboratorium kimia	Siap dipergunakan dengan sewa pakai
8.	Viskometer	Laboratorium kimia	Siap digunakan dengan sewa pakai
9.	SAXD	Laboratorium kimia ITS dan BATAN	Digunakan dengan sewa pakai
10.	Potensiostat	Laboratorium kimia UNP	Digunakan dengan sewa pakai
11.	SEM	Laboratorium BiologiFMIPA UNP	Siap dipergunakan dengan sewa pakai
12.	ED-X-Ray Fluoresence,ED-XRF	Laboratorium Kimia	Siap dipergunakan dengan sewa pakai
13.	Differential Thermal Analysis, DTA	Laboratorium Kimia	Siap dipergunakan dengan sewa pakai
14.	Tensometer	PT Semen Padang	Siap dipergunakan dengan sewa pakai
15.	X-Ray Difraction, XRD	Laboratorium Fisika UNP	Siap dipergunakan dengan sewa pakai

Lampiran 2. Susunan Organisasi Tim Peneliti dan Pembagian Tugas

No.	Nama/NIDN	Instansi Asal	Bidang Ilmu	Alokasi Waktu (jam/minggu)	Uraian Tugas
1.	Ananda Putra, S.Si, M.Si, Ph.D/ 0027017204	FMIPA UNP	Kimia Fisika/ Material	20	Penanggung Jawab, melaksanakan penelitian dan supervisi terhadap kegiatan penelitian
2.	Deski Beri, S.Si, M.Si / 0022067802	FMIPA UNP	Kimia Fisika	20	Pelaksana penelitian, mempersiapkan dan melakukan penelitian dalam arahan dan supervisi ketua dan mempersiapkan laporan berkala
3.	Drs. Iswendi, M.S /0026026206	FMIPA UNP	Biokimia	20	Pelaksana penelitian, mempersiapkan dan melakukan penelitian dalam arahan dan supervisi ketua dan mempersiapkan laporan berkala

Lampiran 3

FORMULIR EVALUASI ATAS CAPAIAN LUARAN KEGIATAN

Ketua	: ANANDA PUTRA, M.SI, Ph.D
Perguruan Tinggi	: UNIVERSITAS NEGERI PADANG
Judul	: Pengembangan dan Karakterisasi Biomaterial Berbasiskan Mikrobial Selulosa Sebagai Material Pengganti Alternatif
Waktu Kegiatan	: tahun ke 1 dari rencana 3 tahun

Luaran yang direncanakan dan capaian tertulis dalam proposal awal

No	Luaraan yang Direncanakan	Capaian
1	Satu Publikasi Ilmiah pada jurnal nasional terakreditasi/ Internasional	1. Manuskript dengan judul "Study on the Orientation of Bacterial Cellulose Fibrils: The Effect of Oxygen and Culture Interface telah **disubmit,** pada **Open Access *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MSE)*** terindeks SCOPUS
2	Satu seminar/ konferensi/ symposium tingkat nasional/internasional	1. **Pemakalah Oral** pada Seminar dan Rapat Tahunan, SEMIRATA 2015, Universitas Tanjung Pura, Kalimantan Barat, 6-9 Mei 2015. 2. **Pemakalah Oral** pada the 10th International Joint Conference on Chemistry, 10th JCC, UNS, Solo, 8-9 September 2015 3. **Keynote speaker** pada International Conference on Mathematics, Science, Education and Technology, ICOMSET, Universitas Negeri Padang, Padang, 22 Oktober 2015

CAPAIAN (lampirkan bukti-bukti dari kegiatan dengan judul yang tertulis di atas, bukan dari kegiatan penelitian/pengabdian dengan judul lain sebelumnya

1. PUBLIKASI ILMIAH

	Keterangan
Artikel Jurnal Ke-1*	
Nama jurnal yanag dituju	**Open Access *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MSE)*** terindeks SCOPUS
Klasifikasi jurnal	Jurnal Internasional terindeks SCOPUS
Impact factor jurnal	

Judul artikel	Study on the Orientation of Bacterial Cellulose Fibrils: The Effect of Oxygen and Culture Interface
Status naskah (beri tanda)	
- Draft artikel	
- Sudah dikirim ke jurnal	■
- Sedang ditelaah	
- Sedang direvisi	
- Revisi sudah dikirim ulang	
- Sudah diterima	
- Sudah terbit	

* Jika masih ada artikel ke- dan seterusnya, uraikan pada lembar tambahan.

2. BUKU AJAR

Buku ke-1	
Judul	:
Penulis	:
Penerbit	:

Jika masih ada buku ke-2 dan seterusnya, uraikan pada lembar tambahan

3. PEMBICARA PADA PERTEMUAN ILMIAH (SEMINAR/SIMPOSIUM)

	Nasional	Internasional
Judul Makalah	2. Manuscript dengan Judul" **telah di submit** untuk di publikasikan pada Prosiding.	Novel Bacteria Cellulose with Well Oriented Fibrils Aligment: Synthesis and Characterization
Nama Pertemuan Ilmiah	Seminar dan Rapat Tahunan, SEMIRATA 2015	The 10th International Joint Conference on Chemistry
Tempat Pelaksanaan	Universitas Tanjung Pura, Kalimantan Barat	Lor In Hotel, Solo, Pelaksana, Universitas Negeri Sebelas Maret, UNS, Solo
Waktu Pelaksanaan	6 s/d 9 Mei 2015	8 s/d 9 September 2015
- Draft makalah		
- Sudah dikirim		
- Sedang direview		
- Sudah dilaksanakan	■	■

Jika masih ada pertemuan ilmiah ke-2 dan seterusnya, uraikan pada lembar tambahan

4. SEBAGAI PEMBICARA KUNCI (*KEYNOTE SPEAKER*)

	Nasional	Internasional
- Bukti undangan dari Panitia		Surat Formal invitation, No. 08/UN35.1.1/ICOMSET/2015
- Judul makalah		Novel Bacterial Cellulose

		with Well Oriented Fibrils alignment: Synthesis and Characterization
- Penulis		Ananda Putra
- Penyelenggara		Universitas Negeri Padang
- Waktu Pelaksanaan		22 Oktober 2015
- Tempat Pelaksanaan		Hotel Inna Muara Padang
- Draf makalah		
- Sudah dikirim		■
- Sedang direview		
- Sudah dilaksanakan		■

Jika masih ada undangan ke-2 dan seterusnya, uraikan pada lembar tambahan

5. UNDANGAN SEBAGAI *VISITING SCIENTIS* PADA PERGURUAN TINGGI LAIN

	Nasional	Internasional
- Bukti undangan		
- Perguruan tinggi pengundang		
- Lama kegiatan		
- Kegiatan penting yang dilakukan		

Jika masih ada undangan ke-2 dan seterusnya, uraikan pada lembar tambahan

6. CAPAIAN LUARAN LAINNYA

HKI	(Uraikan stasus kemajuan mulai dari pengajuan sampai "*granted*")
TEKNOLOGI TEPAT GUNA	(Uraikan siapa masyarakat pengguna teknologi yang dimaksud)
JEJARING KERJA SAMA	(Uraikan kapan jejaring dibentuk dan kegiatannya sampai saat ini, baik antar peneliti maupun antar lembaga)
PENGHARGAAN	(Uraikan penghargaan yang diterima sebagai peneliti, baik dari pemerintah atau asosiasi profesi)
LAINNYA (Tuliskan)	

Jika luaran yang direncanakan tidak tercapai, uraikan alasannya:

.....

Padang, 31-10-2015

Ketua,

(ANANDA PUTRA, M.Si, Ph.D)