

**SINTESIS dan KARAKTERISASI *BEADS* ALGINAT-SELULOSA
XANTAT dari BATANG JAGUNG dengan VARIASI POROGEN CaCO_3**

SKRIPSI

Oleh:
NUR WAHIDATUL AZIZAH
NIM. 14630020



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**

**SINTESIS dan KARAKTERISASI *BEADS* ALGINAT-SELULOSA
XANTAT dari BATANG JAGUNG dengan VARIASI POROGEN CaCO_3**

SKRIPSI

Oleh:
NUR WAHIDATUL AZIZAH
NIM. 14630020

Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**


**SINTESIS dan KARAKTERISASI BEADS ALGINAT-SELULOSA
XANTAT dari BATANG JAGUNG dengan VARIASI POROGEN CaCO₃**

SKRIPSI


Oleh:
NUR WAHIDATUL AZIZAH
NIM. 14630020

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal: 04 Januari 2019

Pembimbing I


Eny Yulianti, M.Si
NIP. 19760611 200501 2 006

Pembimbing II


Umayyatus Syarifah, M.A
NIP. 19820925 200901 2 005

Mengetahui,
Ketua Jurusan




Elok Kamilah Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002

**SINTESIS dan KARAKTERISASI *BEADS* ALGINAT-SELULOSA
XANTAT dari BATANG JAGUNG dengan VARIASI POROGEN CaCO₃**

SKRIPSI

Oleh:
NUR WAHIDATUL AZIZAH
NIM. 14630020

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 04 Januari 2019

Penguji Utama	: Suci Amalia, M. Sc NIP. 19821101 200901 2 007	(.....)
Ketua Penguji	: Rif'atul Mahmudah, M.Si NIDT. 19830125 20160801 2 068	(.....)
Sekretaris Penguji	: Eny Yulianti, M.Si NIP. 19760611 200501 2 006	(.....)
Anggota Penguji	: Umayyatus Syarifah, M.A NIP. 19820925 200901 2 005	(.....)



**Mengetahui,
Ketua Jurusan**

Elok Kamilah Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002

PERNYATAAN ORISINILITAS PENELITIAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Nur Wahidatul Azizah

NIM : 14630020

Jurusan : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : “Sintesis dan Karakterisasi *Beads* Alginat-Selulosa Xantat dari Batang Jagung dengan Variasi Porogen CaCO_3 ”

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya, kecuali dengan mencantumkan sumber kutipan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia mempertanggungjawabkannya sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 04 Januari 2019

Yang Membuat Pernyataan,



Nur Wahidatul Azizah
NIM. 14630020

MOTTO

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا (٦) فَإِذَا فَرَغْتَ فَانصَبْ (٧) وَإِلَىٰ رَبِّكَ فَارْغَبْ (٨)

Artinya: “Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan (6) Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain) (7) Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap (8) (Q.S Al- Insyirah (93): 6-8)



HALAMAN PERSEMBAHAN

أولاً أشكر وأحمد الى الله تعالى الذى انعم عليّ بإعظام النعمة,
ثانياً أصليّ و أسلّم على سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم الذى جعل الناس من
ظلمات الجاهلية الى نور الإسلام

Karya ini saya persembahkan kepada ayah saya Lambang Firmansyah dan ibu saya Narti, yang selalu melantunkan doa tanpa lelah serta dukungan moral dan material selama masa kuliah.

Seluruh guru-guru saya yang telah sabar mendidik dan membimbing, berharap kemanfaatan dan keberkahan ilmu yang kudapatkan.

Sahabat saya Rizki Ariska Yahya S. Pd yang selalu mendoakan, motivasi dukungan ketika lelah menghampiri keadaan.

Tim penelitian “*beads*” Cicik Nurul Hidayah, Wahyu Adhi Putra, dan Nanang Qasim yang telah bersama-sama melewati masa asam, pahit, manisnya sebuah penelitian.

Seluruh anggota kelas KIMIA-A yang telah bersama-sama melewati masa perkuliahan.

Seluruh keluarga besar Pondok Pesantren Putri Roudhotul Jannah Malang yang telah memeberikan semangat dan dukungan.

KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Sintesis dan Karakterisasi *Beads* Alginat-Selulosa Xantat dari Batang Jagung dengan Variasi Porogen CaCO_3** ”. Shalawat dan salam selalu penulis haturkan kepada Nabi Muhammad saw, sosok teladan personal dalam membangun *role* model peradaban dan budaya pemikiran. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Ayah, ibu, dan keluarga tercinta yang senantiasa memberikan do'a dan restunya kepada penulis dalam menuntut ilmu.
2. Ibu Eny Yulianti, M.Si., selaku pembimbing utama yang banyak memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini.
3. Ibu Umairatus Syarifah, M.A., selaku pembimbing agama yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Rif'atul Mahmudah, M.Si., selaku konsultan yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Suci Amalia, M.Sc., selaku penguji yang telah memberi masukan yang membangun dalam penyusunan skripsi ini.
6. Seluruh dosen jurusan kimia fakultas sains dan teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah sabar mengajar dan mendidik penulis selama masa perkuliahan.
7. Seluruh laboran jurusan kimia fakultas sains dan teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang banyak membantu selama proses penelitian.

8. Laboratorium Metalurgi Institut Teknologi Bdanung (ITB) atas bantuan jasa analisa *scanning electron microscopes-energy dispersive x-ray* (SEM-EDX).
9. Teman-teman tim *beads* yaitu Cicik, Adhi, dan Nanang, terima kasih telah memberikan motivasi, pengetahuan, canda tawa, dan segala bentuk bantuan kepada penulis dalam penelitian ini.
10. Teman-teman dan keluarga besar PP. Roudhotul Jannah yang sering memberikan semangat dan dukungan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Penulis mengharap kritik dan saran yang membangun demi perbaikan dari naskah ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada para pembaca, khususnya bagi penulis

Jazaakumullahu khairan katsiraa.

Malang, 22 Oktober 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN ORISINILITAS PENELITIAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
المخلص	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kandungan Selulosa Batang Jagung	6
2.2 Ekstraksi Selulosa Batang Jagung	8
2.2.1 Proses Delignifikasi Selulosa	8
2.2.2 Proses <i>Bleaching</i> Ekstraksi Hasil Delignifikasi	11
2.3 Hidrolisis Hasil Ekstraksi Selulosa Batang Jagung.....	12
2.4 Potensi Sodium Alginat Sebagai <i>Beads</i> Alginat-Selulosa	12
2.5 Potensi Kalsium Karbonat (CaCO ₃) Sebagai Porogen.....	14
2.6 Metode Pembuatan BACX.....	14
2.7 Karakterisasi <i>Beads</i>	15
2.7.1 Daya Mengembang (<i>Swelling</i>).....	15
2.7.2 Karakterisasi Gugus Fungsi Menggunakan <i>Fourier Transform InfraRed</i> (FTIR)	16
2.7.3 Karakterisasi Permukaan Menggunakan <i>Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy</i> (SEM-EDX)	18
2.7.4 Analisis Porositas <i>Beads</i>	19
BAB III METODE PENELITIAN	20
3.1 Waktu dan Tempat Percobaan	20
3.2 Alat dan Bahan	20
3.2.1 Bahan.....	20
3.2.2 Alat	20

3.3 Rancangan Penelitian	20
3.4 Tahapan Penelitian	21
3.5 Pelaksanaan Penelitian	21
3.5.1 Preparasi Sampel	21
3.5.2 Ekstraksi Selulosa dari Batang Jagung.....	22
3.5.3 Pembuatan Selulosa Xantat	22
3.5.4 Penentuan Konsentrasi Terbaik Variasi Porogen CaCO ₃	22
3.5.5 Karakterisasi BACX.....	23
3.5.5.1 Uji <i>Swelling</i> BACX.....	23
3.5.5.2 Analisis Gugus Fungsi	23
3.5.5.3 Analisis Morfologi Permukaan	24
3.5.5.4 Analisis Porositas BACX.....	24
3.5.6 Analisis Data	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Ekstraksi Selulosa.....	26
4.2 Pembuatan Selulosa Xantat	28
4.3 Metode Pembuatan BACX	29
4.4 Pengaruh Penambahan Porogen CaCO ₃ terhadap Daya <i>Swelling</i> , Porositas dan Diameter BACX.....	30
4.5 Analisis Gugus Fungsi BACX	33
4.6 Analisis SEM-EDX BACX.....	36
BAB V.....	39
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN.....	44

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Analisis daya <i>swelling</i> pada variasi porogen CaCO_3	23
Tabel 3.2	Analisis gugus fungsi	24
Tabel 3.3	Analisis morfologi permukaan	24
Tabel 4.1	Data bilangan gelombang (cm^{-1}) spektrum IR serbuk batang jagung, selulosa hidrolisis, selulosa xantat, BACX tanpa porogen, dan BACX CaCO_3 1,5 gram.....	35
Tabel 4.2	Persen berat masing-masing unsur dari BACX tanpa porogen dan CaCO_3 1,5 gram	37
Tabel L.4.1	Nilai daya <i>swelling beads</i> tanpa porogen serta variasi porogen CaCO_3 0,5; 1; dan 1,5 gram	53
Tabel L.4.2	Nilai porositas tanpa porogen serta variasi porogen CaCO_3 0,5; 1; dan 1,5 gram	54



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Limbah batang jagung	7
Gambar 2.2	Struktur selulosa	7
Gambar 2.3	Hasil karakterisasi SEM dari RCS dan XMCS	8
Gambar 2.4	(a) Struktur molekul lignin dan (b) hemiselulosa	9
Gambar 2.5	Skematik proses penghancuran struktur lignin	10
Gambar 2.6	Hasil analisis SEM (a) sebelum delignifikasi, (b) sesudah delignifikasi dengan NaOH	10
Gambar 2.7	Struktur kimia sodium alginat (a) residu asam guluronat (blok G); (b) residu asam manuronat (blok M); (c) residu asam guluronat dan manuronat (blok GM)	13
Gambar 2.8	(a) Interaksi ionik ion Zn^{2+} dengan gugus karboksil dari blok polimanuronat (b) Gabungan “egg box” dari ion Zn^{2+} pada poliguluronat	15
Gambar 2.9	Spektra FTIR dari RCS dan XMCS	16
Gambar 2.10	Spektra FTIR dari material alginat variasi selulosa 0; 10; dan 25% dengan agen <i>crosslink</i> Ca^{2+} dan Zn^{2+}	18
Gambar 2.11	Hasil SEM selulosa <i>beads</i> variasi $CaCO_3$ (a) 0,5 $CaCO_3$ /alginat (w/w); (b) 1 $CaCO_3$ /alginat (w/w), (c) $CaCO_3$ 10 gram (d) 20 gram (e) 30 gram	19
Gambar 4.1	Bentuk fisik (a) serbuk limbah batang jagung, (b) lindi hitam, dan (c) ekstrak selulosa hasil delignifikasi	26
Gambar 4.2	Ekstrak selulosa hasil (a) <i>bleaching</i> dan (b) hidrolisis	27
Gambar 4.3	Mekanisme reaksi pembuatan larutan viskosa	28
Gambar 4.4	Bentuk fisik (a) alkali selulosa dan (b) larutan viskosa	28
Gambar 4.5	Bentuk fisik (a) BACX basah dan (b) BACX kering	29
Gambar 4.6	Grafik hasil analisis daya <i>swelling</i>	30
Gambar 4.7	Grafik hasil analisis porositas	30
Gambar 4.8	Rata-rata diameter BACX tanpa porogen; $CaCO_3$ 0,5; 1; dan 1,5 gram	31
Gambar 4.9	Rata-rata luas area BACX tanpa porogen; $CaCO_3$ 0,5; 1; dan 1,5 gram	32
Gambar 4.10	Hasil karakterisasi mikroskop optik perbesaran 0,75 x 10 kali (a) BACX kering tanpa porogen (b) BACX $CaCO_3$ 0,5 gram kering (c) BACX $CaCO_3$ 1 gram kering (d) dan BACX $CaCO_3$ 1,5 gram kering	32
Gambar 4.11	Spektra IR serbuk batang jagung, selulosa hidrolisis, selulosa xantat, BACX tanpa porogen, dan BACX $CaCO_3$ 1,5 gram	34
Gambar 4.12	Hasil karakterisasi SEM (a) BACX tanpa porogen perbesaran 15.000x (b) BACX tanpa porogen perbesaran 30.000x (c) BACX $CaCO_3$ 1,5 gram perbesaran 15.000x (d) dan BACX $CaCO_3$ 1,5 gram perbesaran 30.000x	36
Gambar L.5.1	(a) BACX 0,5 gram (basah, kering, setelah <i>swelling</i>), (b) BACX 1 gram (basah, kering, setelah <i>swelling</i>), (c) BACX 1,5 gram (basah, kering, setelah <i>swelling</i>)	55

Gambar L.6.1 Hasil karakterisasi SEM (a) BACX tanpa porogen perbesaran 15.000x (b) BACX tanpa porogen perbesaran 30.000x (c) BACX CaCO₃ 1,5 gram perbesaran 15.000x (d) dan BACX CaCO₃ 1,5 gram perbesaran 30.000x56



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Rancangan Penelitian	44
Lampiran 2	Skema Kerja	45
Lampiran 3	Preparasi Larutan	50
Lampiran 4	Perhitungan	53
Lampiran 5	Data Mikroskop Optik	55
Lampiran 6	Data SEM-EDX	56



ABSTRAK

Azizah, N.W. 2018. **Sintesis dan Karakterisasi *Beads* Alginat-Selulosa Xantat dari Batang Jagung dengan Variasi Porogen CaCO_3** . Pembimbing 1: Eny Yulianti, M.Si. Pembimbing 2: Umayyatus Syarifah, M.A. Konsultan: Rif'atul Mahmudah, M.Si.

Kata kunci: *beads*, alginat-selulosa xantat, dan CaCO_3 .

Kandungan selulosa yang tinggi pada batang jagung berpotensi dijadikan komposisi pembuatan *beads* alginat-selulosa xantat (BACX). Alginat dan selulosa merupakan polimer *biodegradable*, *renewable* dan *non-meltable* yang memiliki aplikasi luas di berbagai sektor industri. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh BACX dengan variasi porogen CaCO_3 0 (tanpa porogen); 0,5; 1; dan 1,5 gram berdasarkan daya *swelling* dan porositas. BACX dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR), uji *swelling*, porositas, dan *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX). Nilai *swelling* tertinggi didapatkan pada BACX CaCO_3 1,5 gram yakni 127,55%, sedangkan nilai porositas tertinggi didapatkan pada BACX tanpa porogen yakni 61,9%. Data FTIR BACX menunjukkan munculnya bilangan gelombang pada daerah 800 cm^{-1} yang mengindikasikan adanya gugus Zn-O. Data SEM-EDX BACX tanpa porogen menunjukkan permukaan kasar dan berongga, sedangkan permukaan BACX CaCO_3 1,5 gram halus dan ada sedikit rongga.

ABSTRACT

Azizah, N.W. 2018. **Synthesis dan Characterization of Alginate-Cellulose Xanthate Beads from Corn Stalks with Porogen Variation CaCO_3** . Supervisor 1: Eny Yulianti, M.Si. Supervisor 2: Umayyatus Syarifah, M.A. Consultant: Rif'atul Mahmudah, M.Si.

Keywords: beads, alginate-cellulose xanthate, dan CaCO_3 .

The high content of cellulose in corn stalks have potential to be used as a composition for making alginate-cellulose xanthate beads (BACX). Alginate and cellulose are biodegradable, renewable and non-meltable polymers that have wide applications in various industrial sectors. The aim of this research was to determine the effect of BACX with porogen variation CaCO_3 0 gram (without porogen); 0,5; 1; and 1,5 gram based on swelling and porosity. BACX was characterized using Fourier Transform Infrared (FTIR), swelling test, porosity, and Scanning Electron Microscopes-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX). The highest swelling value was obtained at BACX CaCO_3 1.5 gram such as 127,55%, while the highest porosity value was obtained at BACX without porogen such as 61,9%. The data FTIR of BACX showed that wave numbers in the area of 800 cm^{-1} which indicated the presence of Zn-O groups. The data SEM-EDX of BACX without porogen shows a rough and hollow surface, while the BACX CaCO_3 1,5 gram surface is smooth and there are few hollow.

الملخص

العزیزہ، نور واحدة. ۲۰۱۸. صناعة و توصيف *beads* الجينات سيليلوس *xantat* من جذوع الذرة مع انواع فوروجين $CaCO_3$. المشرفة الأولى: إيني يوليانتی، الماجستير؛ المشرفة الثانية: أمية الشریفه، الماجستير؛ المستشار: رفعة المحموده، الماجستير.

الكلمات الرئيسية: *beads*، الجينات سيليلوس *xantat* و $CaCO_3$

تحتوي سيليلوس العالية على جذوع الذرة بحيث تكون لها القدرة على تكوين صنع *BACX*. الأجنات و السيليلوس هما بوليمير قابلتان للتحلل الحيوي ، وقابلتان للتجديد وغير قابلتان للذوبان اللذان لهما تطبيقات واسعة في كل جهة صناعية. تهدف هذه الدراسة إلى المعرفة التأثير *BACX* مع وجود عامل فوروجين $CaCO_3$ صفر غرام (بدون فوروجين) ؛ ٥ ، ١٠ ؛ ١ ، ١٥ ، ١٥ ، ٥٥ ، ١٢٧ ٪. في حين تم الحصول على أعلى قيمة التورم في *BACX CaCO_3* ١٥ ، ٥٥ ، ٩٠ ، ٦١ ٪. تعرض بيانات *BACX FTIR* مظهر أرقام الموجات في مساحة 800 cm^{-1} والتي تشير إلى وجود مجموعة *Zn-O*. صورة *SEM-EDX* تدل على شكل السطح *BACX* بدون فوروجين الخشن والمجوز. وأما شكل السطح *BACX CaCO_3* ١٥ ، ٥٥ غرام القشرة قليل المجوف.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beads alginat-selulosa xantat (BACX) merupakan partikel bulat dengan diameter dalam skala mikro sampai milimeter. BACX dapat diaplikasikan dalam kromatografi pertukaran ion logam pada pengolahan air dan sebagai material pembawa obat-obatan (Gericke, *et al.*, 2013). Menurut Boufi dan Chaker (2016), limbah batang jagung setelah panen terdapat 69% kandungan selulosa. Berdasarkan kandungan selulosa yang tinggi, limbah batang jagung memiliki potensi besar sebagai bahan pembuatan BACX.

Jagung merupakan salah satu tumbuhan yang diciptakan oleh Allah SWT dengan berbagai kandungan manfaat di dalamnya. Adapun salah satu limbah yang dihasilkan dari jagung adalah limbah batang jagung. Limbah batang jagung dapat ditingkatkan nilai kemanfaatannya berdasarkan kandungan di dalamnya. Allah SWT telah berfirman dalam Q.S Ali Imran (3) ayat 191:

رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا (١ ٩ ١)

Artinya: "Ya Tuhan Kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia".

Lafadz **بَاطِلًا** artinya sia-sia yang tidak ada faedahnya (Al-Maraghi, 1974). Al-Jazairi (2007) menafsirkan segala sesuatu yang diciptakan Allah SWT baik di langit maupun di bumi tidak ada yang sia-sia tanpa adanya hikmah yang bisa dijadikan pelajaran, Allah SWT menciptakan dengan kebenaran dan mustahil

berbuat main-main. Berdasarkan ayat yang telah disebutkan, Allah SWT menciptakan segala sesuatu yang mengandung hikmah-hikmah agung dan maslahat-maslahat yang besar, Mahasuci Allah SWT dari segala sesuatu yang tidak berarti dan sia-sia (Al-Maraghi, 1974).

Selulosa merupakan polimer yang dapat diolah kembali, tidak berbahaya, serta memiliki aplikasi luas di bidang industri, baik dalam bentuk selulosa alami maupun dimodifikasi secara kimia untuk menghasilkan turunan-turunannya (Suhas, *et al.*, 2016). Swatloski, *et al.*, (2002), telah menyebutkan turunan ester dan eter dari selulosa diantaranya selulosa asetat, selulosa nitrat, selulosa xantat, CMC (*carboxymethyl cellulose*), metil selulosa dan etil selulosa.

Menurut Gericke, *et al.*, (2013), pembentukan selulosa xantat lebih mudah, karena prosesnya secara langsung tanpa harus diisolasi dari campuran terlebih dahulu. Selain itu, selulosa xantat memiliki kristalinitas dan stabilitas termal yang tinggi. Semakin tinggi stabilitas termal yang dimiliki maka semakin kristalin, dengan kristalinitas tinggi dapat meningkatkan daya ikat pada BACX sehingga semakin mudah dibentuk (Puspitasari, 2017). Sehingga pada penelitian ini prekursor yang digunakan untuk bahan pembuatan BACX adalah selulosa xantat.

Menurut Swatloski, *et al.*, (2002), selulosa xantat diproduksi dengan mereaksikan selulosa alami dan karbon disulfida (CS_2) menggunakan pelarut NaOH. Penelitian ini menggunakan konsentrasi pelarut NaOH 6%, karena berdasarkan percobaan yang telah dilakukan oleh Wang, *et al.*, (2013), digunakan konsentrasi pelarut NaOH 6% dengan nilai viskositas sebesar 2,3-2,5 Pa.s. Sama halnya berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Puspitasari (2017), konsentrasi pelarut NaOH yang terbaik adalah 6% dengan nilai viskositas 0,024 Pa.s.

Menurut Sonmez, *et al.*, (2016), komposisi selulosa dalam pembuatan *beads* alginat-selulosa berpengaruh terhadap daya adsorpsi ketika diaplikasikan. Komposisi selulosa sebesar 10% dan 25% memberikan daya adsorpsi 68% dan 80%. Sedangkan komposisi *beads* alginat tanpa selulosa hanya dapat mengadsorpsi sebesar 19%. Berdasarkan penelitian Puspitasari (2017), komposisi alginat-selulosa terbaik adalah 1:3 dengan kemampuan daya *swellingnya* 63,8%.

Kemampuan adsorpsi BACX dapat ditingkatkan dengan penambahan agen pembentuk pori (porogen). Menurut Purnamasari (2011), porogen yang dapat digunakan adalah kalsium karbonat (CaCO_3), sodium bikarbonat (NaHCO_3), sodium klorida (NaCl), serta senyawa garam lainnya. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Choi, *et al.*, (2002), penambahan porogen CaCO_3 pada proses pembuatan *beads*, menghasilkan produk yang lebih halus serta kekuatan mekanik yang tinggi dibandingkan dengan penambahan porogen NaHCO_3 .

Menurut Suvachittanont dan Pookingdao (2013), besarnya pori pada permukaan *beads* berbanding lurus dengan penambahan porogen CaCO_3 . Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Choi, *et al.*, (2002), digunakan variasi penambahan porogen CaCO_3 0,25; 0,5; 0,75 gram dengan nilai porositas yang didapatkan sebesar 88,84%; 89,10%; dan 94,78%. Menurut Yulianti, *et al.*, (2016), digunakan variasi penambahan porogen CaCO_3 2, 4, dan 6 gram dengan nilai daya *swelling* 39,96%; 27,58%; dan 12,55.

Proses pembuatan BACX diperlukan penambahan agen *crosslink* sebagai pengikat silang rantai polimer. Menurut (Choi, *et al.*, 2009), ion yang dapat digunakan sebagai agen *crosslink* diantaranya adalah Ba^{2+} , Ca^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} atau Fe^{3+} . Agen *crosslink* yang digunakan pada penelitian ini adalah Zn^{2+} pada

senyawa zink asetat ($C_6H_6O_4Zn$). Sebagaimana penelitian yang telah dilakukan oleh Sonmez, *et al.*, (2016), bahwa penambahan zink asetat dalam pembuatan *beads* alginat-selulosa, dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi logam berat dibandingkan dengan penambahan kalsium klorida ($CaCl_2$).

Berdasarkan uraian tersebut, perlu dikembangkan penelitian sintesis BACX dengan variasi porogen $CaCO_3$ 0; 0,5; 1 dan 1,5 gram untuk mendapatkan BACX optimum. Penentuan BACX optimum berdasarkan nilai daya *swelling* dan porositas terbaik. Selanjutnya karakterisasi gugus fungsi menggunakan FTIR serta karakterisasi morfologi dan topologi permukaan menggunakan SEM-EDX.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh penambahan porogen $CaCO_3$ pada nilai daya *swelling* dan porositas BACX?
2. Bagaimana hasil karakterisasi BACX dengan analisis FTIR?
3. Bagaimana hasil karakterisasi morfologi permukaan dari BACX optimum dan BACX tanpa porogen dengan analisis SEM-EDX?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan porogen $CaCO_3$ pada nilai daya *swelling* dan porositas BACX.
2. Untuk mengetahui karakterisasi BACX dengan analisis FTIR.
3. Untuk mengetahui karakterisasi morfologi permukaan dari BACX optimum dan BACX tanpa porogen dengan analisis SEM-EDX.

1.4 Batasan Masalah

1. Limbah batang jagung yang digunakan berasal dari Tumpang, Kabupaten Malang
2. Komposisi alginat-selulosa yang digunakan 1:3.
3. Reagen dalam pembuatan BACX adalah CS₂.
4. Variasi porogen CaCO₃ yang ditambahkan adalah 0; 0,5; 1; dan 1,5 gram.
5. Agen *crosslink* yang digunakan adalah zink asetat 5%.
6. BACX optimum didasarkan pada nilai daya *swelling* terbaik dan memiliki intensitas tertinggi pada FTIR.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Membuat BACX dari bahan alam.
2. Meningkatkan nilai ekonomi limbah pertanian berupa batang jagung.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kandungan Selulosa Batang Jagung

Allah SWT telah menciptakan beberapa macam tumbuhan bagi kesejahteraan manusia. Setiap tumbuhan yang ada di muka bumi banyak memberikan manfaat baik sebagai pemenuh kebutuhan primer maupun sekunder, serta dapat dirubah menjadi sesuatu yang bermanfaat berdasarkan kandungan di dalamnya. Sebagaimana Allah SWT berfirman dalam surat Asy Syu'araa (26): 7.

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ : (٧)

Artinya: “dan Apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?”.

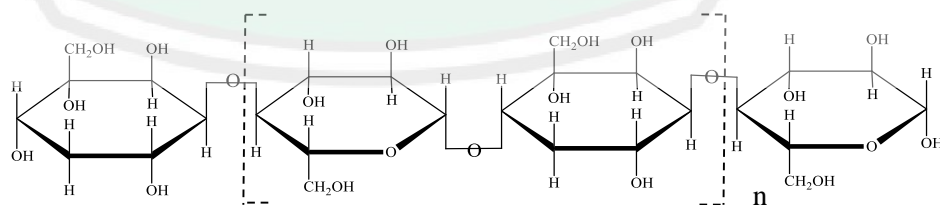
Lafadz زَوْجٍ كَرِيمٍ berarti نوع حسن yakni macam kebaikan (Junaidi, 2010). Lafadz “zauuj” diaplikasikan sebagai macam-macam kandungan limbah batang jagung seperti hemiselulosa, lignin, dan selulosa. Sedangkan lafadz “kariim” diaplikasikan sebagai selulosa yang dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sebagai bahan dasar pembuatan BACX. Al-Maraghi (1974) menafsirkan bahwa Allah SWT telah menumbuhkan berbagai jenis bentuk dan warna tumbuh-tumbuhan sebagai bukti kekuasaan-Nya. Shihab (2002) menafsirkan bahwa ayat tersebut mengajak manusia untuk merenungi dan mengamati ciptaan Allah SWT di muka bumi ini untuk mendapatkan petunjuk.



Gambar 2.1 Limbah batang jagung

Limah batang jagung setelah panen mengandung 38% selulosa, 32% hemiselulosa, 19% lignin, 4% *extractible* dan 7% abu sebelum dilakukan delignifikasi. Setelah dilakukan delignifikasi kandungan batang jagung yang didapatkan adalah 69% selulosa, 31% hemiselulosa dan 0% lignin (Boufi dan Chaker, 2016). Berdasarkan tingginya kadar selulosa pada limbah batang jagung, maka berpotensi digunakan sebagai bahan pembuatan BACX.

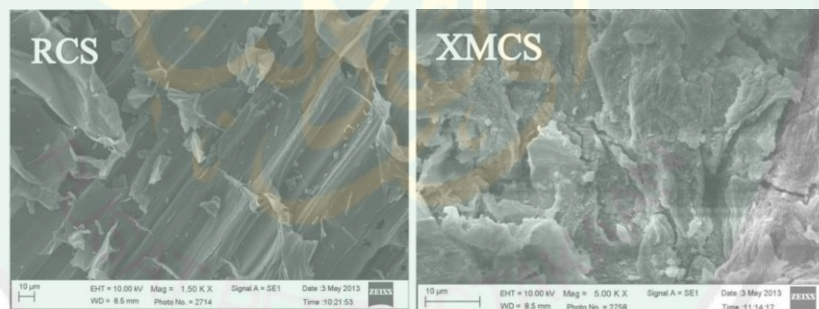
Selulosa merupakan material alami dengan total produksi 10^{11} - 10^{12} ton setiap tahunnya (Huber, *et al.*, 2012). Selulosa merupakan homopolimer *syndiotacticlinier* dengan rumus molekul $(C_6H_{10}O_5)_n$ dan terdiri dari unit D-*unhydroglucopyranose* (AGU) yang biasa disebut unit glukosa. Unit glukosa digabungkan dengan ikatan β -(1-4)-*glycosidic* untuk membentuk dimer yang merupakan unit dasar selulosa (Demirbas, 2008).



Gambar 2.2 Struktur selulosa (Wibisono, 2011)

Kereaktifan gugus hidroksil ($-OH$) pada selulosa batang jagung dapat mempengaruhi kapasitas adsorpsi yang dimilikinya (Zheng, *et al.*, 2010). Menurut Lou, *et al.*, (2013), kapasitas adsorpsi selulosa batang jagung mentah umumnya lebih rendah dibandingkan dengan selulosa yang sudah dimodifikasi menjadi turunan-turunannya. Modifikasi selulosa dilakukan dengan perusakan gugus $-OH$ pada C-6, C-3, dan C-2. Turunan selulosa yang dijadikan prekursor pada penelitian ini adalah selulosa xantat.

Berdasarkan penelitian Zheng dan Meng (2015), ada perbedaan hasil karakterisasi SEM selulosa batang jagung murni (RCS) dengan selulosa yang sudah dimodifikasi menjadi selulosa xantat (XMCS). RCS memiliki permukaan kasar dan homogen, sedangkan permukaan XMCS tidak rata dan terdapat gundukan kecil yang disebabkan oleh adanya endapan xantat



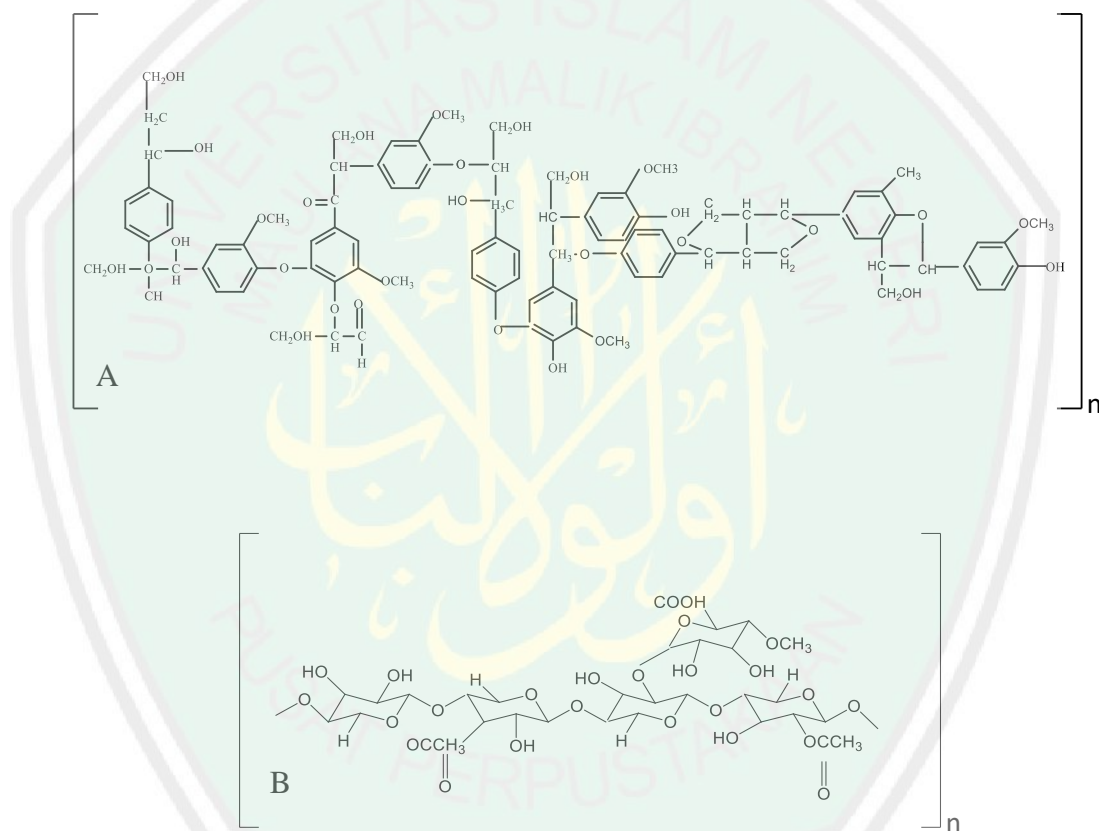
Gambar 2.3 Karakterisasi SEM dari RCS dan XMCS (Zheng dan Meng, 2015)

2.2 Ekstraksi Selulosa Batang Jagung

2.2.1 Proses Delignifikasi Selulosa

Proses delignifikasi merupakan proses pemisahan selulosa dari senyawa lain, seperti hemiselulosa, lignin dan lainnya. Lignin merupakan polimer *amorf* yang tersusun dari tiga unit fenil propana, yakni alkohol kumaril, koniferil alkohol

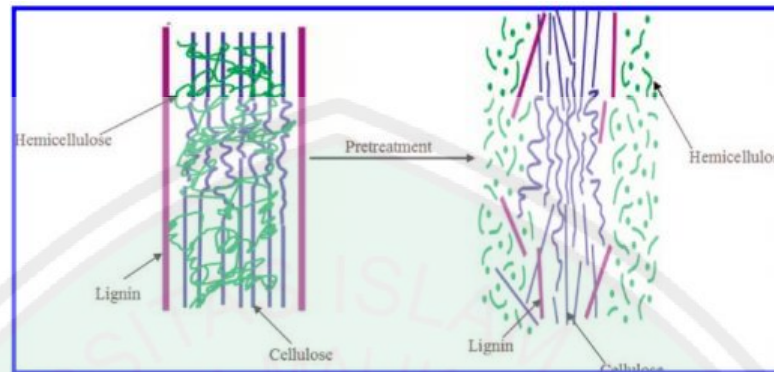
dan sinapil alkohol melalui ikatan eter (C-O-C) dan ikatan karbon (C-C) (Octavia, 2008). Menurut Perez, *et al.*, (2002), lignin berhubungan erat dengan hemiselulosa dalam membentuk dinding sel. Hemiselulosa merupakan polimer berantai pendek yang tersusun atas monomer gula berkarbon 5 (C-5) dan 6 (C-6), seperti unit D-galaktosa, D-glukosa, D-xylosa, D-manosa, dan L-arabinosa (McDonald, *et al.*, 2002). Adapun struktur lignin dan hemiselulosa ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.4 (a) Struktur molekul lignin dan (b) hemiselulosa (Park, *et al.*, 2008)

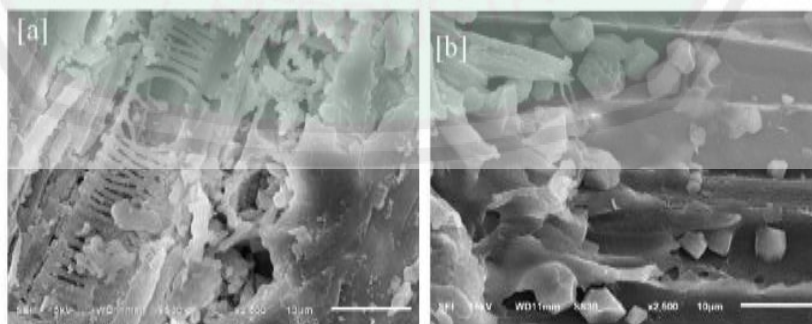
Menurut Mardina, *et al.*, (2013) delignifikasi adalah perusakan struktur lignin dengan menggunakan larutan yang bersifat basa. Fungsi dihancurkannya struktur lignin adalah untuk meningkatkan luas permukaan, sehingga kemampuan adsorpsinya meningkat. Larutan basa yang sering digunakan pada proses

delignifikasi antara lain sodium hidroksida (NaOH), kalsium hidroksida (KOH) serta amonium hidroksida (NH₄OH) (Sahare, *et al.*, 2012).



Gambar 2.5 Skematik proses penghancuran struktur lignin (Kumar, *et al.*, 2009)

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Saleh (2009), didapatkan hasil optimum dengan rendemen yang dihasilkan sebesar 39,72% menggunakan pelarut NaOH 10%, pemanasan 80 °C selama 90 menit. Konsentrasi pelarut, suhu pemanasan, dan lamanya waktu yang diperlukan untuk proses delignifikasi akan mempengaruhi rendemen produk yang dihasilkan. Perlu dilakukan pemanasan bertujuan untuk mempercepat reaksi.



Gambar 2.6 Hasil analisis SEM (a) sebelum delignifikasi, (b) sesudah delignifikasi dengan NaOH (Mardina, *et al.*, 2013)

Menurut Buranov dan Mazza (2008), lignin berikatan dengan karbohidrat melalui asam fenolik secara eter, sedangkan asam fenolik berikatan dengan karbohidrat secara ester. Ikatan ester pada kompleks lignoselulosa lemah terhadap perlakuan basa. Penelitian ini digunakan NaOH pada proses delignifikasi, dimana ion OH^- akan menyerang ikatan ester dan memutusny. Sedangkan Na^+ akan berikatan dengan gugus fenolik yang terputus membentuk garam yang larut dalam air.

2.2.2 Proses *Bleaching* Ekstrak Hasil Delignifikasi

Umumnya, ekstrak hasil delignifikasi berwarna coklat pekat sehingga perlu dilakukan proses *bleaching* (pemutihan). Fungsi *bleaching* untuk memaksimalkan menghilangkan lignin yang tersisa dan mendegradasi warna lignin. Menurut Haafiz, *et al.*, (2013), proses *bleaching* dapat dilakukan dengan perendaman selulosa menggunakan sodium klorit (NaClO_2). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Shui, *et al.*, (2017), proses *bleaching* selulosa dilakukan menggunakan sodium klorit (NaClO_2) sebanyak 1 gram dengan perendaman pada suhu 70°C selama 60 menit. Menurut Putera (2012), keuntungan NaClO_2 sebagai bahan *bleaching* adalah stabil pada suhu lingkungan, dan ketika ditambahkan asam akan membentuk *chlorine dioxide* (ClO_2) berupa gas hijau yang larut pada air. Reaksinya adalah:



Menurut Taherzadeh dan Karimi (2007), struktur lignin akan berubah dalam kondisi suhu tinggi dan asam. Saat lignoselulosa bereaksi dengan suhu tinggi akan

mengakibatkan lignin putus dari selulosa dan memecahnya menjadi partikel-partikel yang lebih kecil. Achmadi (1990) mengatakan, bahwa lignin cenderung melakukan kondensasi pada kondisi asam yang menyebabkan bertambahnya massa molekul lignin sehingga akan mengendap. Menurut Bhattacharya, *et al.*, (2008) lignin yang terikat pada selulosa akan larut pada suhu 70-80°C. Serta kondisi asam dapat dilakukan dengan penambahan asam asetat. Putra (2012) mengatakan, penambahan asam asetat dilakukan secara tetes pertetes hingga pH yang didapatkan kisaran 3-5.

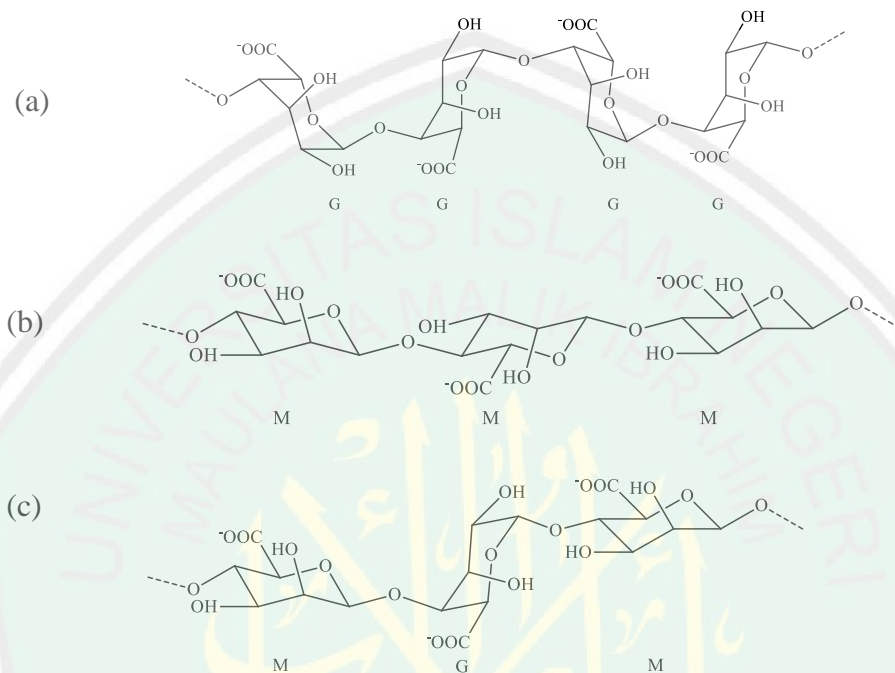
2.3 Hidrolisis Hasil Ekstraksi Selulosa Batang Jagung

Umumnya hidrolisis selulosa menggunakan asam encer pada kondisi suhu tinggi yang menghasilkan produk berupa mikrokristalin. Asam encer yang digunakan pada penelitian ini adalah HCl, karena harganya terjangkau dan mudah didapatkan. Edison (2015) mengatakan, kereaktifan HCl pada saat proses hidrolisis lebih baik dari pada asam-asam lainnya, seperti asam sulfat (H₂SO₄) dan asam nitrat (HNO₃). Menurut Suvachittanont dan Pookingdao (2013) proses hidrolisis serat selulosa dari tongkol jagung menggunakan HCl 1 mmol/L dengan perbandingan 1:20. Didapatkan peningkatan kristalinitas dari 71,13% menjadi 86,31%, yang diselingi dengan penurunan ukuran kristal dari 0,22 menjadi 0,15.

2.4 Potensi Sodium Alginat Sebagai *Beads* Alginat-Selulosa Xantat

Menurut Rowe, *et al.*, (2006), sodium alginat banyak digunakan dalam dunia formulasi farmasi. Sodium alginat digunakan sebagai pengikat dan disintegrasi dalam formulasi tablet karena dapat meningkatkan viskositas larutan.

Sodium alginat merupakan polimer linier yang mengandung blok (1,4) β -link-residu d-mannuronat yang disebut blok M dan α -1-guluronat yang disebut blok G (Lee dan Mooney, 2012). Berikut ini adalah struktur kimia dari sodium alginat:



Gambar 2.7 Struktur kimia sodium alginat (a) residu asam guluronat (blok G); (b) residu asam mannuronat (blok M); (c) residu asam guluronat dan mannuronat (blok GM) (Lee dan Mooney, 2012)

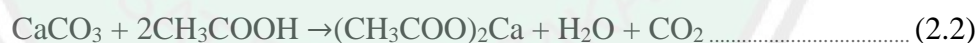
Menurut Sonmez, *et al.*, (2016), keunggulan menggunakan sodium alginat adalah merupakan polimer yang dapat diuraikan, bersifat hidrofilik, kelimpahan dan keberadaan tempat pengikatan karena gungsi gugus karboksilatnya. Sodium alginat mampu membentuk gel dengan cara induksi gugus karboksil dengan adanya polivalenkation, khususnya dengan ion kalsium seperti CaCl_2 , CaSO_4 , CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$, $\text{C}_{12}\text{H}_{14}\text{CaO}_{12}$ melalui interaksi ionik. Ion yang umum digunakan untuk ikatan silang kimia alginat adalah Ba^{2+} , Ca^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} atau Fe^{3+} (Kuo dan Ma, 2008). Menurut Choi, *et al.*, (2009), sifat mekanik alginat

ditingkatkan dengan cara mengkombinasikan bahan lainnya seperti karbon aktif, selulosa, dll.

2.5 Potensi Kalsium Karbonat (CaCO₃) Sebagai Porogen

Kemampuan adsorpsi BACX dapat ditingkatkan dengan penambahan porogen CaCO₃. Menurut Suvachittanont dan Pookingdao (2013), semakin meningkat konsentrasi CaCO₃ yang ditambahkan, maka pori-pori *beads* yang dihasilkan semakin besar dan permukaannya semakin halus. Sedangkan ketika semakin kecil konsentrasi CaCO₃ yang ditambahkan, maka permukaan *beads* lebih kasar. Menurut Choi, *et al.*, (2002), penambahan porogen CaCO₃ pada proses pembuatan *beads*, menghasilkan produk yang lebih halus serta kekuatan mekanik yang tinggi dibandingkan dengan penambahan porogen NaHCO₃.

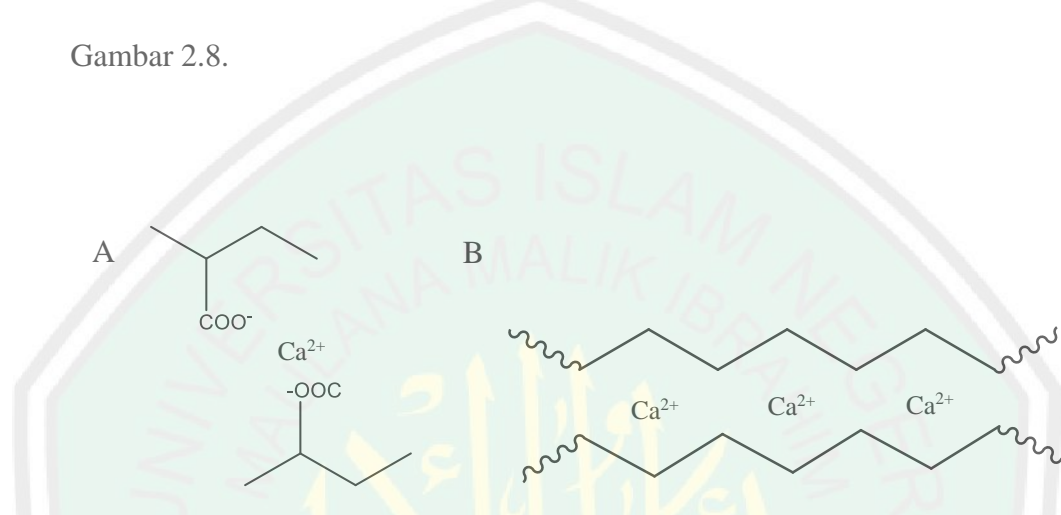
Menurut Choi, *et al.*, (2002), Reaksi pembentukan pori oleh CaCO₃ dengan menghasilkan gas CO₂ (karbon dioksida) yang berupa gelembung. Porogen CaCO₃ direaksikan dengan asam asetat (CH₃COOH) untuk membentuk gas CO₂, sebagaimana reaksi 2.2.



2.6 Metode Pembuatan BACX

Ada beberapa metode pembuatan *beads*, yakni ekstruksi massa, *rapid expansion of supercritical fluids*, teknologi *fluid bed dryer* serta gelas ionik. Kelebihan metode gelas ionik adalah metode yang paling murah, mudah dan efektif (Puspitasari, 2017). Oleh karena itu metode yang digunakan pada pembuatan BACX adalah metode gelas ionik (*crosslink*) menggunakan teknik

dropping. Agen *crosslink* berfungsi untuk mengikat silang antara alginat dan Zn^{2+} sehingga dihasilkan *beads* yang berbentuk bulat. Bajpai dan Sharma (2004) mengatakan, bahwa ikatan silang terjadi ketika kation divalen (Ca^{2+}) berinteraksi dengan ion blok residu asam guluronat dari alginat (gugus $-COO^-$) menghasilkan jaringan tiga dimensi yang biasanya disebut dengan model “*egg box*”, seperti pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 (a) Interaksi ionik ion Ca^{2+} dengan gugus karboksil dari blok polimanuronat (b) Gabungan “*egg box*” dari ion Ca^{2+} pada poliguluronat (Bajpai dan Sharma, 2004)

2.7 Karakterisasi BACX

2.7.1 Daya Mengembang (*Swelling*)

Uji daya *swelling* dilakukan untuk mengetahui kemampuan *beads* dapat mengembang pada media cair dalam kondisi suhu ruang selama waktu tertentu. Menurut Ayuningtyas (2012), presentase daya *swelling* dapat dihitung dengan persamaan:

$$swelling = \frac{W_t - W_o}{W_o} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

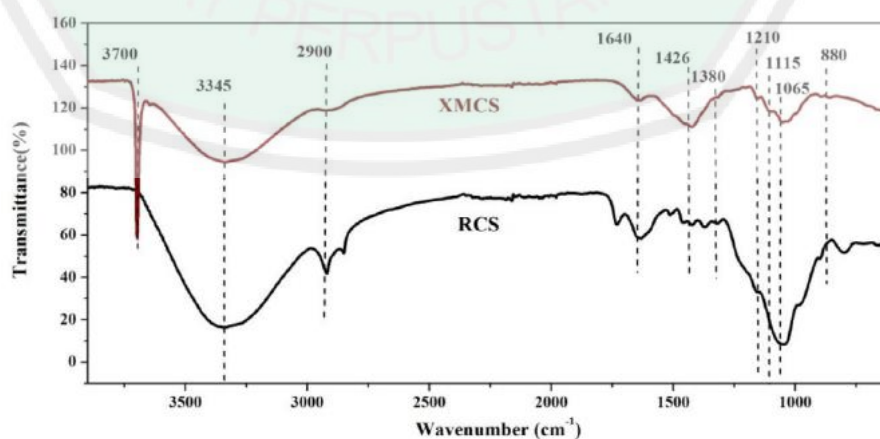
W_t = berat *beads* yang terhidrasi

W_o = berat *beads* kering

Daya *swelling* terbaik dilihat dari kemampuan terbanyak suatu *beads* dalam menyerap media cair. Menurut Puspitasari (2017), daya *swelling* dilakukan dengan lama perendaman 9, 12, dan 24 jam, dengan hasil terbaik yang didapatkan pada waktu lama perendaman 12 jam. Setelah lama perendaman 24 jam, daya *swelling* mengalami penurunan yang disebabkan oleh adanya sineresis suatu *beads*. Ayuningtyas (2012) mengatakan, sineresis merupakan kemampuan *beads* mengerut secara alami dengan mengeluarkan sebagian cairan di dalamnya yang menunjukkan kestabilan adsorpsi dari suatu *beads*.

2.7.2 Karakterisasi Gugus Fungsi Menggunakan *Fourier Transform InfraRed* (FTIR)

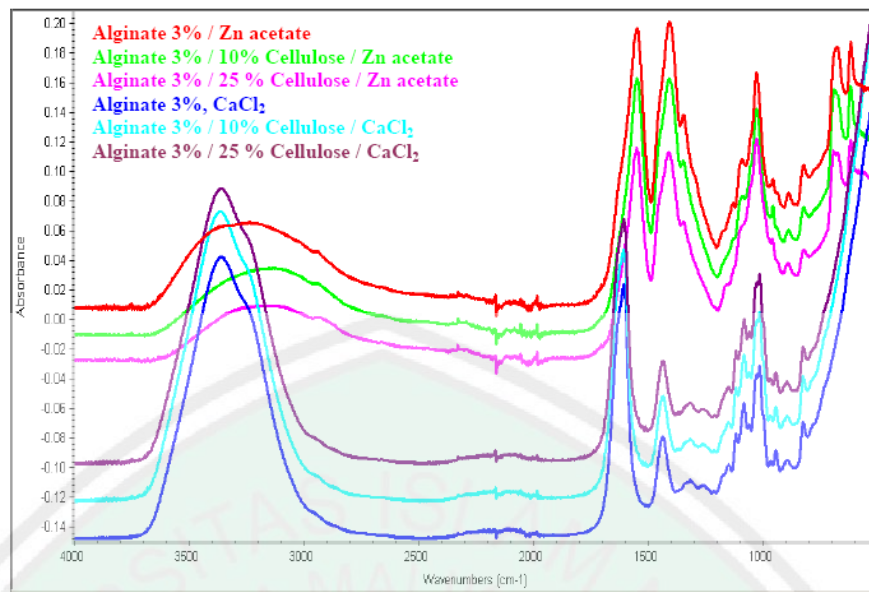
Prinsip kerja FTIR adalah apabila sinar radiasi IR melewati suatu cuplikan, molekul-molekul akan menyerap energi sehingga terjadi transisi dari tingkat vibrasi dasar (*ground state*) ke tingkat vibrasi tereksitasi (*excited state*) (Jonnata, *et al.*, 2002). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Zheng dan Meng (2015), didapatkan spektra FTIR batang jagung murni (RCS) dan batang jagung yang sudah dimodifikasi menjadi selulosa xantat (XMCS) pada gambar berikut:



Gambar 2.9 Spektra FTIR dari RCS dan XMCS (Zheng dan Meng, 2015)

Berdasarkan spektra tersebut, serapan bilangan gelombang 3345, 2900, 1700, 1640, 1380, 1210 dan 1065 cm^{-1} menunjukkan selulosa murni. Serapan *H stretching* pada gugus OH (3345 cm^{-1}), pada gugus C-H (2900 cm^{-1}), *stretching* asimetris dari ester gugus C-O (1700 cm^{-1}), mode *bending* dari penyerapan air (1640 cm^{-1}), gugus C-H (1380 cm^{-1}), asimetris *bridge stretching* gugus C-O (1210 cm^{-1}), gugus C-O-C dari hidroksi primer *stretching* (1065 cm^{-1}). Saat diekstraksi menggunakan pelarut NaOH serapan bilangan gelombang yang didapatkan mengalami pengurangan transmitan secara signifikan yakni 3345, 1700, 1640, 1380, dan 1065 cm^{-1} . Hal tersebut dikarenakan bertambahnya kandungan selulosa akibat hilangnya lignin pada batang jagung. Setelah dilakukan penambahan CS_2 , muncul pada bilangan gelombang 1210, 1115, dan 1065 cm^{-1} yang mengindikasikan gugus $-\text{O}-\text{C}(=\text{S})-\text{S}$. Bilangan gelombang 1115 cm^{-1} merupakan spektra khas yang dimiliki oleh gugus $-\text{O}-\text{C}(=\text{S})-\text{S}$. Sedangkan pada bilangan gelombang 880 cm^{-1} mengindikasikan adanya reaksi yang terjadi pada gugus $-\text{OH}$ dalam struktur selulosa C-2, C-3, atau C-6 (Zheng dan Meng, 2015).

Penelitian yang dilakukan oleh Sonmez, *et al.*, (2016), didapatkan spektra FTIR dari material alginat variasi selulosa 0; 10; dan 25% dengan agen *crosslink* Ca^{2+} dan Zn^{2+} . Penambahan selulosa menginduksi kenaikan puncak (tumpang tindih dengan puncak alginat pada bilangan gelombang 670, 1030 dan 1100 cm^{-1}). Penggunaan Ca^{2+} sebagai agen pengikat silang dapat membentuk kalsium alginat yang menunjukkan sedikit perubahan jika dibandingkan dengan natrium alginat pada spektra FTIR. Penggunaan Zn^{2+} menginduksi perubahan yang kuat pada spektra FTIR alginat, terutama pada bilangan gelombang 1400-1700 cm^{-1} yakni pada gugus C-O, C-C dan C-H.

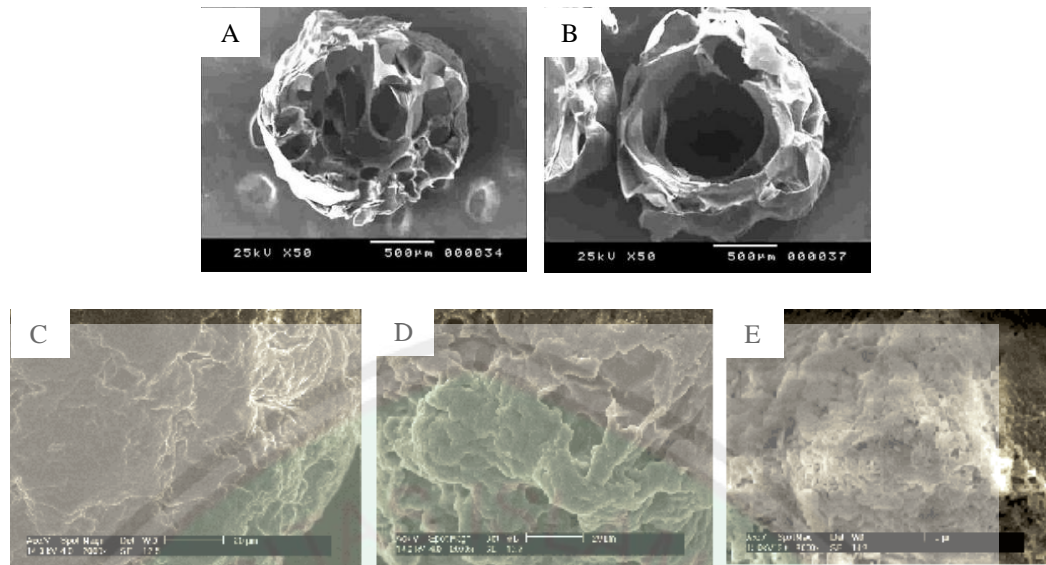


Gambar 2.10 Spektra FTIR dari material alginat variasi selulosa 0; 10; dan 25% dengan agen *crosslink* Ca^{2+} dan Zn^{2+} (Sonmez, *et al.*, 2016)

2.7.3 Karakterisasi Permukaan Menggunakan *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDX)

Menurut Masrukan, *et al.*, (1999), karakterisasi menggunakan SEM merupakan analisis dari suatu permukaan. Gambar permukaan yang diperoleh merupakan morfologi dan topografi yang berasal dari penangkapan elektron sekunder yang dipancarkan oleh spesimen. Kombinasi SEM dengan EDX merupakan gabungan dua alat yang bermanfaat untuk mendapatkan analisis yang detail dan lebih efisien (Anwar, 2016).

Berikut ini merupakan hasil karakterisasi SEM suatu *beads* setelah penambahan variasi porogen CaCO_3 :



Gambar 2.11 Hasil SEM selulosa *beads* variasi CaCO_3 (a) 0,5 CaCO_3 /alginat (w/w); (b) 1 CaCO_3 /alginat (w/w) (Choi, *et al.*, 2002), (c) CaCO_3 10 gram (d) 20 gram (e) 30 gram (Suvachittanont dan Pookingdao, 2013)

2.7.4 Analisis Porositas BACX

Keberhasilan dalam pembuatan BACX dipengaruhi dengan kemampuan daya adsorpsinya. Salah satu faktor tersebut adalah ukuran pori. Porositas BACX ditentukan berdasarkan persamaan berikut (Eiselt, *et al.*, 2000):

$$\text{Porositas} = \frac{V_1 - V_3}{V_T} \times 100\% \dots \dots \dots (2.4)$$

Nilai V_1 merupakan volume etanol, V_2 volume etanol yang ditambahkan *beads*, dan V_3 merupakan sisa volume etanol yang telah direndam dengan *beads*. Adapun nilai V_T adalah hasil pengurangan dari ($V_2 - V_3$).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan pada bulan Februari-Oktober 2018 di Laboratorium Riset Kimia Fisik Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan meliputi: limbah batang jagung berasal dari Kota Batu, natrium hidroksida (NaOH) p.a, asam klorida (HCl) 37% p.a, karbon disulfida (CS₂), kalsium karbonat (CaCO₃) p.a, natrium klorit (NaClO₂) p.a, asam asetat (CH₃COOH) p.a, zink asetat (C₄H₆O₄Zn), natrium alginat (C₆H₇O₆Na)_n, etanol p.a, aqua demin, dan akuades.

3.2.2 Alat

Alat yang digunakan meliputi: seperangkat alat gelas, oven, cawan petri, kertas pH, *hot plate*, seperangkat alat *reflux*, timbangan analitik, kertas saring, termometer, *aluminium foil*, magnetik *stirrer*, *syringe*, *shaker incubator*, FTIR dan SEM-EDX.

3.3 Rancangan Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian yang bersifat eksperimental laboratorium. Limbah batang jagung diekstraksi menggunakan NaOH yang berfungsi untuk menghilangkan senyawa non-selulosa berdasarkan gugus

fungsinya. Menggunakan konsentrasi NaOH 6% dalam pembentukan selulosa xantat. Kemudian dilakukan pembuatan BACX dengan perbandingan komposisi alginat-selulosa 1:3. Selanjutnya dilakukan penambahan variasi konsentrasi porogen CaCO_3 sebesar 0,5; 1; dan 1,5 gram untuk mengetahui pengaruhnya terhadap pori BACX. Setelah itu diidentifikasi berdasarkan gugus fungsi, daya *swelling*, morfologi permukaan, dan porositasnya.

3.4 Tahapan Penelitian

1. Preparasi sampel
2. Ekstraksi selulosa dari batang jagung
3. Pembuatan selulosa xantat dengan penambahan CS_2 dan pelarut NaOH 6%
4. Pembuatan BACX dengan perbandingan komposisi alginat-selulosa 1:3.
5. Penentuan pori dan daya adsorpsi terbanyak pada penambahan variasi konsentrasi porogen CaCO_3
6. Karakterisasi
7. Analisis data

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Preparasi Sampel

Limbah batang jagung dibersihkan kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari. Sampel kering dihaluskan dengan digiling dan diayak dengan ayakan 100 mesh. Kemudian dioven selama 24 jam pada suhu 90°C . Serbuk yang diperoleh merupakan sampel penelitian dan dikarakterisasi menggunakan FTIR.

3.5.2 Ekstraksi Selulosa dari Batang Jagung

Sebanyak 25 gram serbuk batang jagung direndam menggunakan NaOH 10% sebanyak 500 mL pada suhu 80°C selama 90 menit. Pulp yang diperoleh kemudian dicuci beberapa kali dengan akuades dan diperas. Setelah itu ditambahkan NaClO₂ 1% sebanyak 100 mL dan ditambahkan CH₃COOH 10% sampai pH 5 pada suhu 75°C selama 1 jam. Selanjutnya dicuci beberapa kali menggunakan akuades sampai pH netral dan diperas. Pulp selulosa yang didapatkan dihidrolisis dengan asam klorida 5% (1:20) pada 95°C selama 1 jam sehingga didapatkan microfiber-terdispersi (Suvachittanont dan Pookingdao, 2013). Sampel yang diperoleh dikarakterisasi dengan FTIR.

3.5.3 Pembuatan Selulosa Xantat

Selulosa 5 gram direndam dalam NaOH 20% sebanyak 40 mL selama 3 jam. Setelah itu diperas dan didiamkan selama 60 jam pada suhu kamar untuk *aging*. Selulosa yang diperoleh direaksikan dengan 2,5 mL CS₂ dan 10 mL NaOH 6% dalam *shaker incubator* dengan kecepatan 150 rpm pada suhu 25°C selama 3 jam sehingga didapatkan larutan viskosa (Wang, *et al.*, 2013). Sampel yang diperoleh dikarakterisasi dengan FTIR.

3.5.4 Penentuan Konsentrasi Terbaik Variasi Porogen CaCO₃

Satu gram natrium alginat dilarutkan dalam 25 mL aqua demin. Selanjutnya, dimasukkan selulosa xantat dengan perbandingan alginat-selulosa yaitu 1:3. Kemudian ditambahkan CaCO₃ dengan variasi 0,5; 1; dan 1,5 gram. Kemudian larutan tersebut ditetaskan menggunakan *syringe* ke dalam C₄H₆O₄Zn 5% sebanyak 50 mL dan didiamkan selama 24 jam. *Beads* yang terbentuk disaring dan dicuci menggunakan aqua demin.

BACX direaksikan dalam 50 mL CH₃COOH 10% dan diletakkan di atas *hotplate* sampai tidak muncul gelembung. BACX yang dihasilkan dicuci sampai pH netral dengan aqua demin. BACX basah yang dihasilkan dikeringkan menggunakan suhu 37°C selama 9 jam (Suvachittanont dan Pookingdao, 2013).

3.5.5 Karakterisasi BACX

3.5.5.1 Uji *Swelling* BACX

Sebanyak ± 12,5 mg BACX direndam dalam 5 mL aqua demineralisata. BACX ditimbang pada jam ke-3, 9, 12, dan 24. Uji *swelling* ditentukan berdasarkan persamaan 2.3.

Tabel 3.1 Analisis daya *swelling* pada variasi porogen CaCO₃

Variasi Porogen	Variasi waktu uji <i>swelling</i>			
	T3	T9	T12	T24
0 gram (A)	T3Aa	T9Aa	T12Aa	T24Aa
	T3Ab	T9Ab	T12Ab	T24Ab
	T3Ac	T9Ac	T12Ac	T24Ac
0,5 gram (B)	T3Ba	T9Ba	T12Ba	T24Ba
	T3Bb	T9Bb	T12Bb	T24Bb
	T3Bc	T9Bc	T12Bc	T24Bc
1 gram (C)	T3Ca	T9Ca	T12Ca	T24Ca
	T3Cb	T9Cb	T12Cb	T24Cb
	T3Cc	T9Cc	T12Cc	T24Cc
1,5 gram (D)	T3Da	T9Da	T12Da	T24Da
	T3Db	T9Db	T12Db	T24Db
	T3Dc	T9Dc	T12Dc	T24Dc

3.5.5.2 Analisis Gugus Fungsi

Karakterisasi gugus fungsi dari BACX dilakukan dengan pengujian FTIR. Preparasi sampel yang dilakukan adalah dengan menggunakan metode pelet KBr. Dihaluskan sampel 1-10 mg dan dicampurkan dengan 100 mg KBr. Selanjutnya dicetak menjadi pelet dan dianalisis (Lebanni, *et al.*, 2015).

Tabel 3.2 Analisis gugus fungsi

Tahapan	Spektra IR
Serbuk batang jagung (A)	IR A
Fiber selulosa (B)	IR B
Selulosa xantat (C)	IR C
BACX tanpa porogen (D)	IR D
BACX optimum (E)	IR E

3.5.5.3 Analisis Morfologi Permukaan

Karakterisasi morfologi dan topografi permukaan BACX dianalisis menggunakan SEM-EDX. Sampel ditempatkan dan diletakkan di atas SEM *specimen holder*. Divakumkan ruang sampel hingga 10^{-6} toor. Setelah itu dilakukan pengoperasian alat (Sujatno, 2015).

Tabel 3.3 Analisis morfologi permukaan

Tahapan	SEM-EDX
BACX tanpa porogen (A)	SEM-EDX A
BACX optimum (B)	SEM-EDX B

3.5.5.4 Analisis Porositas BACX

Porositas dari BACX ditentukan dengan kemampuan BACX dalam menyerap larutan etanol. Ditambahkan 5 mL etanol ke dalam gelas ukur 10 mL (V_1). Ditambahkan BACX kering ke dalam larutan etanol, dan dihitung volume total yang didapatkan (V_2) dan direndam BACX selama 24 jam. Setelah itu dikeluarkan BACX dari larutan etanol, dan dihitung volume yang tersisa (V_3). Porositas BACX dihitung berdasarkan persamaan 2.4 (Eiselt, *et al.*, 2000).

3.5.5 Analisis Data

1. Hasil perhitungan *swelling* dan porositas BACX dibandingkan dengan literatur.
2. Keseragaman BACX dianalisis dengan mikroskop optik yang diolah menggunakan aplikasi *image-J* dan origin
3. Gugus fungsi dari spektra IR dibandingkan dengan literatur dan diidentifikasi adanya senyawa yang hilang sesuai mekanisme reaksi, interaksi fisika, dan kimia.
4. Morfologi permukaan dari spektra SEM-EDX dibandingkan dengan literatur serta BACX tanpa porogen dan BACX CaCO₃ optimum.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Ekstraksi Selulosa

Tahap pertama yang dilakukan pada proses ekstraksi selulosa adalah delignifikasi menggunakan NaOH. Ion hidroksil dari NaOH akan memutus ikatan atom H pada gugus OH fenolik lignin, yang menyebabkan lignin bersifat nukleofil dan dapat mengalami resonansi. Berdasarkan hal tersebut ikatan antara lignin dan selulosa akan terputus. Ion Na^+ dari NaOH akan berikatan dengan nukleofil lignin membentuk garam fenolat yang bersifat mudah larut. Larutan garam fenolat yang dihasilkan ditandai dengan warna hitam yang disebut lindi hitam, seperti pada Gambar 4.1 (b).



Gambar 4.1 Bentuk fisik (a) serbuk limbah batang jagung, (b) lindi hitam, dan (c) ekstrak selulosa hasil delignifikasi

Hasil ekstrak selulosa pada proses delignifikasi dimungkinkan masih terdapat lignin yang tersisa, ditandai dengan warna selulosa yang kecoklatan. Oleh karena itu dilakukan proses *bleaching* yang berfungsi untuk meningkatkan degradasi sisa-sisa lignin terhadap selulosa. Larutan yang digunakan pada proses *bleaching* adalah NaClO_2 yang bersifat stabil pada suhu ruang dan pada kondisi

asam akan membentuk *chlorine dioxide* (ClO_2) berupa gas hijau yang larut pada air. Menurut Sinaga (2008), keuntungan menggunakan ClO_2 adalah merupakan oksidator kuat yang dapat mendegradasi lignin tanpa merusak selulosa.

Ekstrak selulosa hasil *bleaching* dihidrolisis menggunakan HCl. Tujuan dilakukan proses hidrolisis pada ekstrak selulosa yakni untuk mendegradasi polisakarida menjadi gula yang lebih sederhana. Menurut Li dan Zhao (2007), glukosa monomerik dihasilkan dari proses hidrolisis yang dikatalis menggunakan asam. Berdasarkan penelitian Suvachittanont dan Pookingdao (2013), nilai kristalinitas selulosa yang telah dihidrolisis akan mengalami kenaikan. Warna ekstrak selulosa yang dihasilkan dari tahapan hidrolisis adalah putih kekuningan, sebagaimana Gambar 4.2 (b).

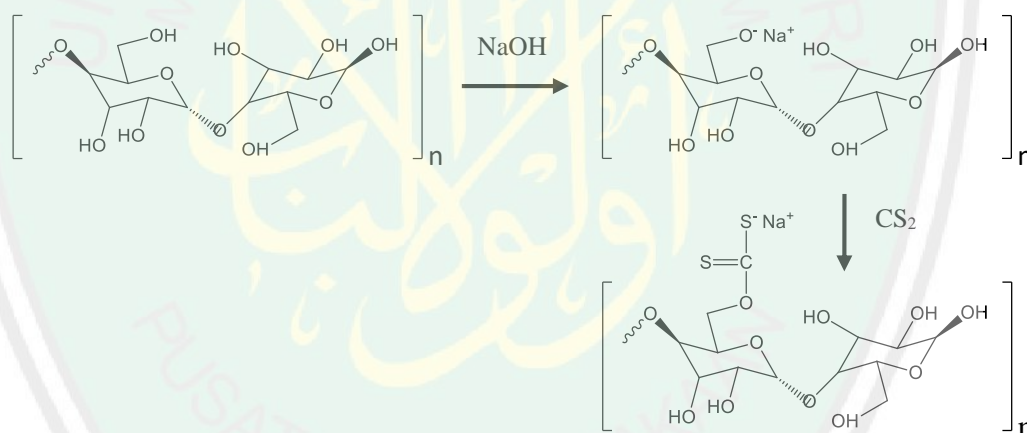


Gambar 4.2 Ekstrak selulosa hasil (a) *bleaching* dan (b) hidrolisis

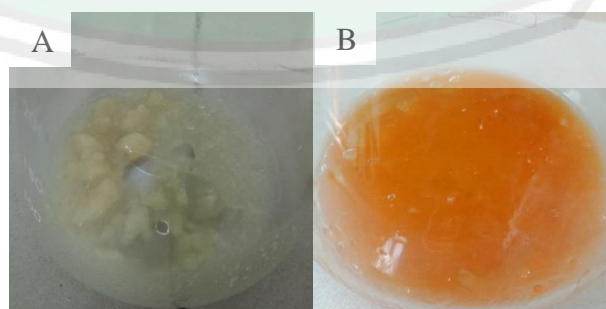
Berat serbuk batang jagung setelah diekstraksi mengalami penurunan, dimana berat awal serbuk batang jagung sebesar 25,0002 gram menjadi 17,0363 gram. Hal tersebut diperkirakan senyawa selain selulosa telah hilang, diantaranya hemiselulosa dan lignin. Rendemen ekstrak selulosa yang didapatkan sebesar 31,85%.

4.2 Pembuatan Selulosa Xantat

Pembuatan selulosa xantat dilakukan dengan cara mereaksikan alkali selulosa dengan CS_2 membentuk natrium selulosa xantat. Kemudian dilarutkan menggunakan NaOH sehingga CS_2 akan lepas dan digantikan oleh ion hidroksil menghasilkan regenerasi selulosa yang disebut viskosa. CS_2 berfungsi untuk memodifikasi selulosa dengan cara membuat gugus $-\text{OH}$ pada struktur selulosa C-2, C-3, dan C-6 menjadi lebih reaktif. Bentuk fisik dari alkali selulosa dan larutan viskosa mengalami perubahan, dari alkali selulosa berwarna putih menjadi larutan viskosa berwarna jingga yang ditampilkan pada Gambar 4.4. Berikut ini reaksi regenerasi selulosa:



Gambar 4.3 Mekanisme reaksi pembuatan selulosa xantat (Cowd, 1982)



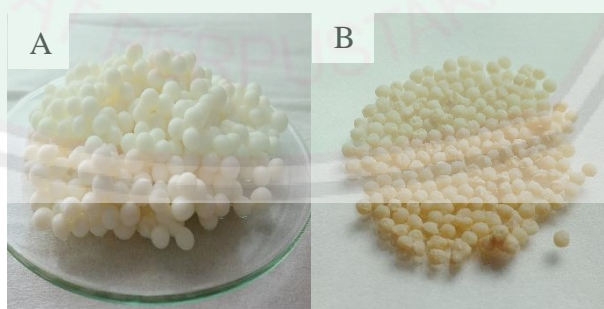
Gambar 4.4 Bentuk fisik (a) alkali selulosa dan (b) larutan viskosa

4.3 Metode Pembuatan BACX

BACX dibuat dengan menggunakan teknik *dropping* pada metode gelas ionik. Komposisi larutan yang terdiri dari alginat, selulosa xantat, porogen CaCO_3 diteteskan (*dropping*) ke dalam larutan zink asetat. Selanjutnya didiamkan selama 24 jam untuk memaksimalkan ikatan silang antara alginat dengan zink asetat. Penghilangan CaCO_3 dilakukan menggunakan larutan CH_3COOH yang *distirrer* sampai tidak muncul gelembung (45 menit). Proses tersebut menghasilkan gelembung yang disebabkan oleh adanya gas CO_2 yang merupakan hasil reaksi dari CaCO_3 dan CH_3COOH sebagaimana reaksi di bawah ini:



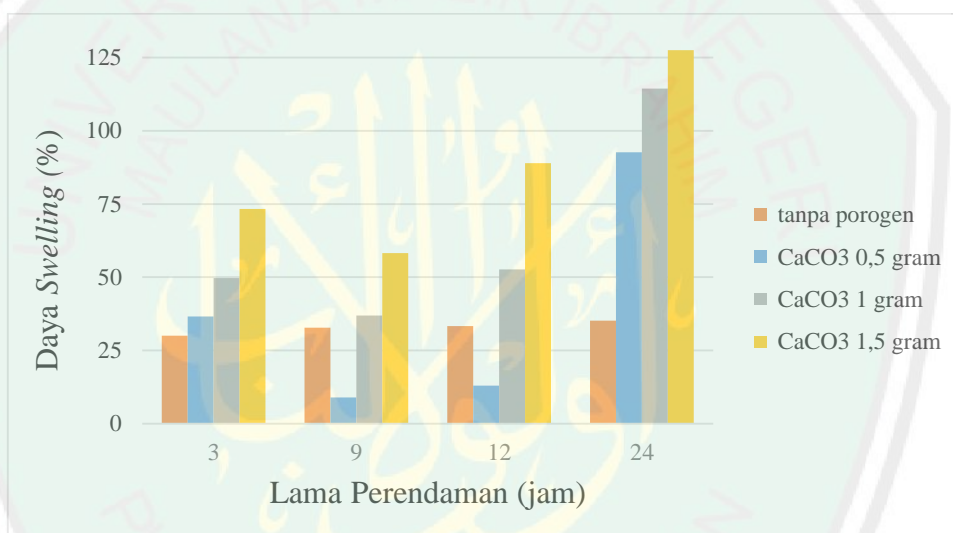
BACX yang didapatkan dari hasil penghilangan CaCO_3 terapung di atas larutan. Hal tersebut dimungkinkan pori-pori BACX yang terbentuk besar-besar. BACX yang didapatkan dilakukan proses pencucian dan pengovenan. Bentuk fisik BACX basah dan kering ditampilkan pada gambar berikut ini.



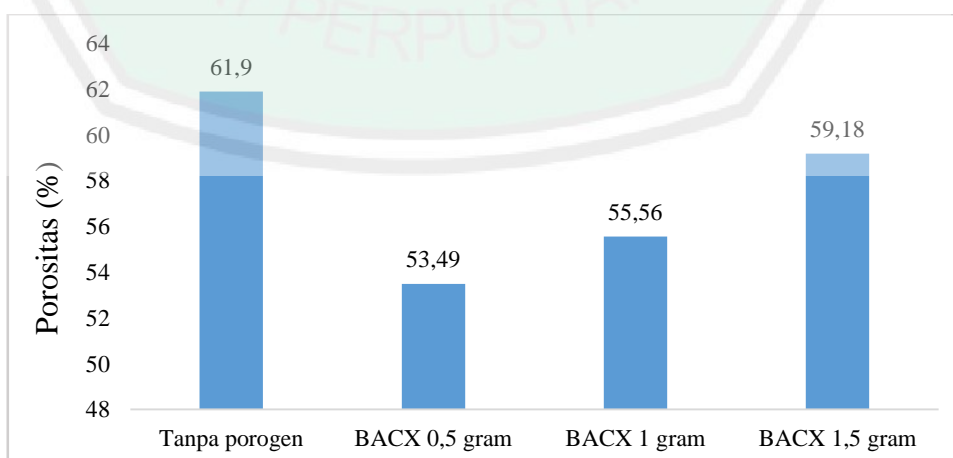
Gambar 4.5 Bentuk fisik (a) BACX basah dan (b) BACX kering

4.4 Pengaruh Penambahan Porogen CaCO_3 terhadap Daya Swelling, Porositas dan Diameter BACX

Penentuan konsentrasi terbaik dari BACX berdasarkan nilai daya *swelling* dan porositas. Berikut ini akan ditampilkan grafik nilai daya *swelling* dan porositas BACX dengan berbagai variasi porogen. Daya *swelling* yang didapat didukung dengan diameter dan luas area BACX menggunakan mikroskop optik yang diolah menggunakan aplikasi *image-J*. Berikut ini ditampilkan gambar hasil analisis *swelling* dan porositas BACX tanpa porogen dan variasi porogen CaCO_3 .

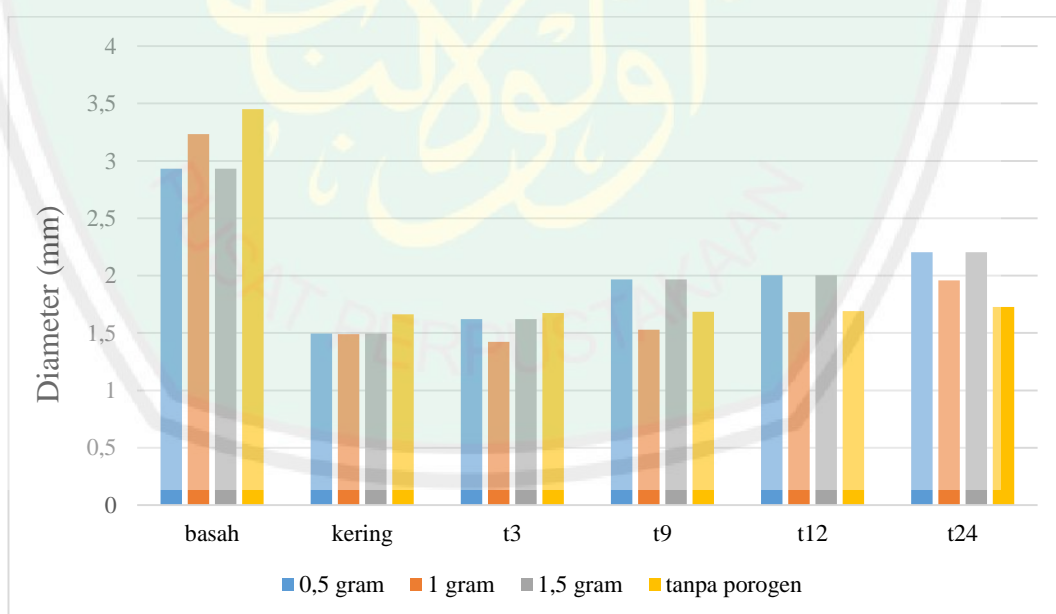


Gambar 4.6 Grafik Hasil Analisis Daya Swelling

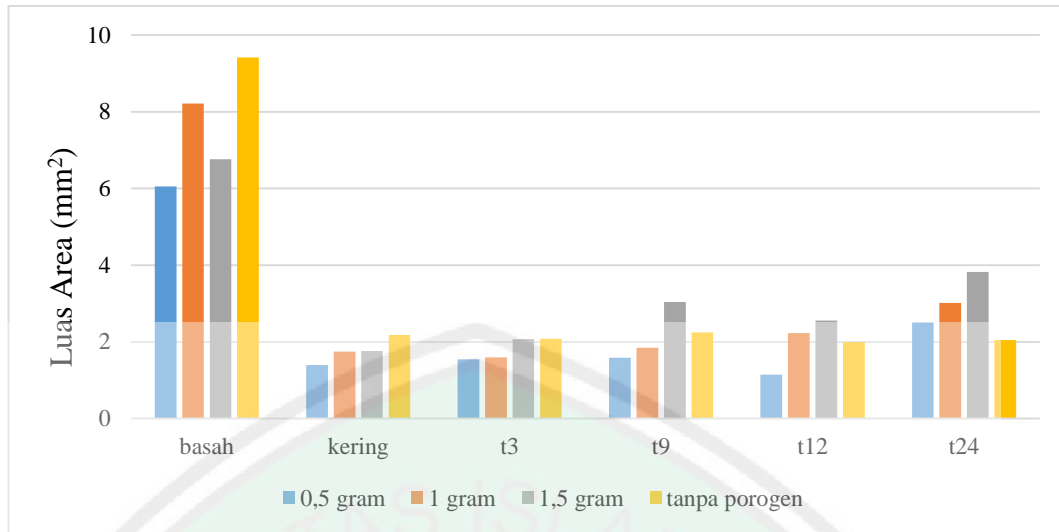


Gambar 4.7 Grafik Hasil Analisis Porositas

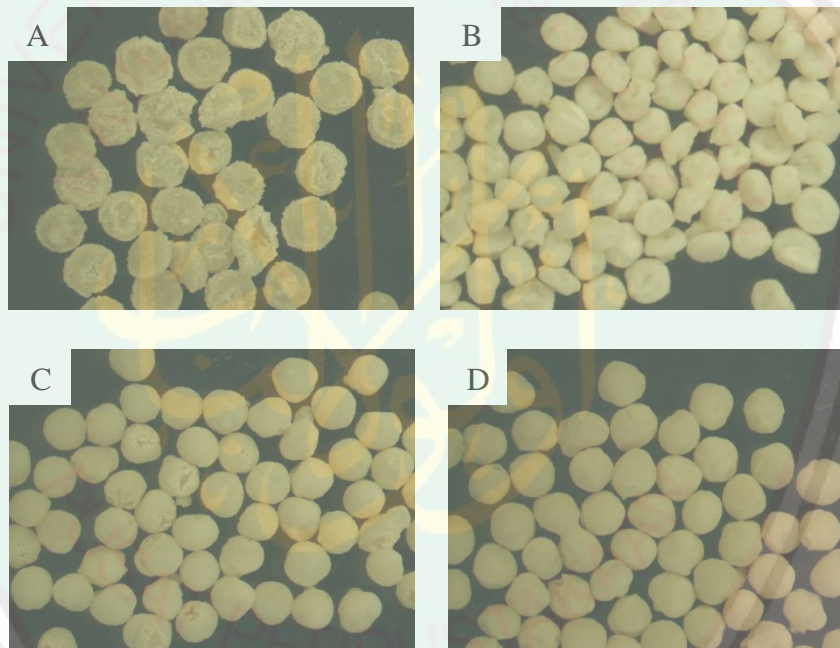
Berdasarkan Gambar 4.6 Nilai daya *swelling* tertinggi didapatkan pada BACX CaCO_3 1,5 gram yakni 127,55% dengan lama perendaman 24 jam. Sedangkan pada BACX tanpa porogen didapatkan nilai daya *swelling* 35,22% pada lama perendaman 24 jam. Penambahan porogen pada BACX akan memperbesar persen daya *swelling* BACX. Menurut Supramaniam, *et al.*, (2018), *swelling* terjadi karena gugus hidrofilik alginat mengalami hidrasi serta adanya penyerapan air ke dalam pori-pori *beads*. Berdasarkan Gambar 4.7 nilai porositas yang didapatkan semakin meningkat, yakni pada variasi konsentrasi BACX CaCO_3 0,5 gram; 1 gram; dan 1,5 gram berturut-turut 53,49%; 55,56%; dan 59,18%. Hasil yang didapatkan sesuai dengan penelitian Choi, *et al.*, (2002), semakin besar porogen CaCO_3 yang ditambahkan ke dalam *beads* semakin besar pula nilai porositasnya.



Gambar 4.8 Rata-rata diameter BACX tanpa porogen; CaCO_3 0,5; 1; dan 1,5 gram



Gambar 4.9 Rata-rata luas area BACX tanpa porogen; CaCO_3 0,5; 1; dan 1,5 gram



Gambar 4.10 Hasil karakterisasi mikroskop optik perbesaran 0,75 x 10 kali (a) BACX kering tanpa porogen (b) BACX CaCO_3 0,5 gram kering (c) BACX CaCO_3 1 gram kering (d) dan BACX CaCO_3 1,5 gram kering

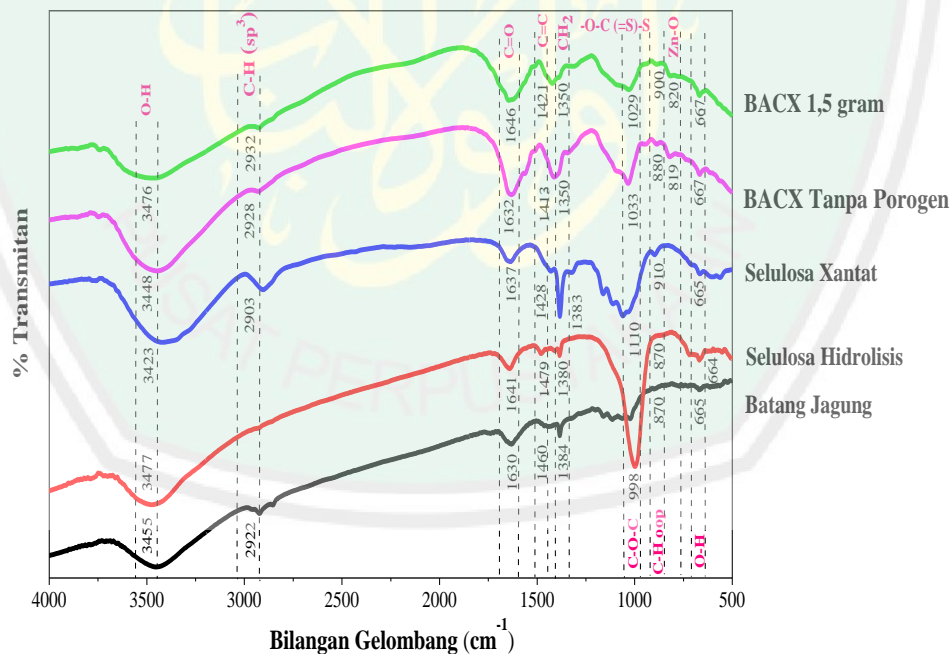
Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 merupakan diameter dan luas area BACX hasil pengolahan data menggunakan aplikasi *image-J*. Berdasarkan Gambar 4.8 dan 4.9 metode gelas ionik dengan teknik *dropping* yang digunakan dalam pembuatan BACX menghasilkan ukuran rata-rata diameter BACX basah antara 2,77-3,45 mm

dengan rata-rata luas area 6,05-9,42 mm. Hasil yang didapatkan sesuai dengan penelitian Gericke *et al.*, (2013), dimana pembuatan *beads* menggunakan teknik *dropping* menghasilkan diameter *beads* sekitar 0,5-3 mm. Berdasarkan data yang diperoleh dari pengukuran daya *swelling* serta diameter dan luas area BACX, semakin besar daya *swelling* yang didapatkan bertolak belakang terhadap nilai diameter dan luas area BACX.

4.5 Analisis Gugus Fungsi BACX

Berikut ini merupakan hasil karakterisasi FTIR dari sampel serbuk batang jagung, selulosa setelah hidrolisis, selulosa xantat, BACX tanpa porogen dan BACX CaCO₃ 1,5 gram. Bilangan gelombang sekitar 1630 cm⁻¹ menunjukkan gugus C=O dari COOH karboksilat pada selulosa, lignin, dan hemiselulosa. Gugus C=C aromatis pada lignin muncul pada bilangan gelombang 1460 cm⁻¹. Berdasarkan bilangan gelombang yang dihasilkan pada spektra batang jagung, mengindikasikan sebagian besar kandungan yang terdapat di dalamnya adalah hemiselulosa, lignin, serta selulosa. Intensitas bilangan gelombang sekitar 900-1000 cm⁻¹ pada spektra selulosa hidrolisis mengalami peningkatan. Kampeerappun (2015) menyatakan, bahwa bilangan yang muncul pada daerah 898 cm⁻¹ merupakan gugus C-O-C *stretching* dari komponen selulosa. Semakin meningkatnya intensitas yang dihasilkan, dimungkinkan polimer selulosa telah terhidrolisis menjadi polimer yang lebih sederhana. Adapun fungsi dari hidrolisis adalah untuk memecah bagian selulosa yang bersifat *amorf*, sehingga kristalinitasnya akan meningkat.

Adapun hasil spektra selulosa xantat dihasilkan bilangan gelombang 3423 cm^{-1} , 2807 cm^{-1} , 1637 cm^{-1} , 1383 cm^{-1} , dan 1060 cm^{-1} yang menandakan selulosa murni. Selain itu muncul bilangan gelombang 665 cm^{-1} yang mengindikasikan terjadinya reaksi gugus $-\text{OH}$ pada struktur selulosa C-2, C-3, dan C-6. Ciri khas gugus $-\text{O}-\text{C}(=\text{S})-\text{S}$ muncul pada bilangan gelombang 1110 cm^{-1} . Berdasarkan hasil spektra yang didapatkan sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Zheng dan Meng (2015). Hasil spektra IR pada BACX tanpa porogen dan BACX CaCO_3 1,5 gram muncul bilangan gelombang pada daerah sekitar 800 cm^{-1} yang mengindikasikan adanya gugus Zn-O pada BACX. Menurut Puspitasari (2017), gugus Zn-O muncul pada bilangan gelombang 712 cm^{-1} yang menunjukkan terjadinya reaksi *cross-link* antara alginat dengan zink asetat.



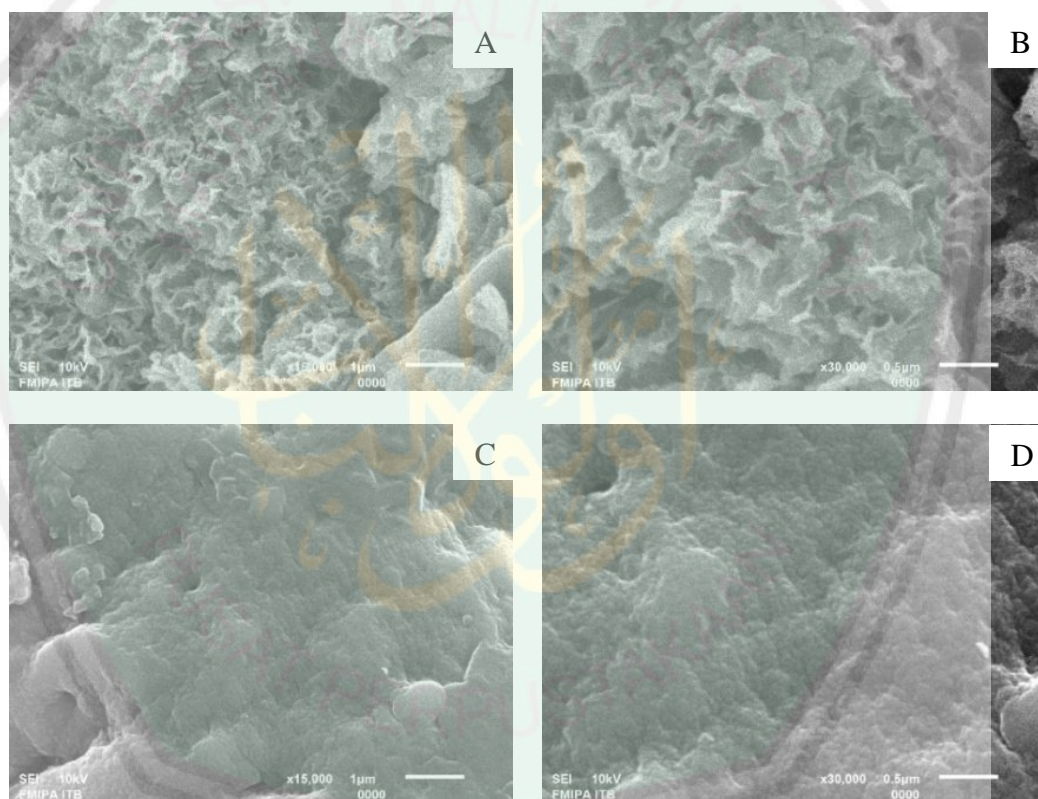
Gambar 4.11 Spektra IR serbuk batang jagung, selulosa hidrolisis, selulosa xantat, BACX tanpa porogen, dan BACX CaCO_3 1,5 gram

Tabel 4.1 Data Bilangan gelombang (cm^{-1}) spektrum IR serbuk batang jagung, selulosa hidrolisis, selulosa xantat, BACX tanpa porogen dan BACX CaCO_3 1,5 gram

Sampel	Modus Vibrasi	Jenis Modus Vibrasi
Serbuk Batang Jagung	3455	OH <i>stretching</i>
	2922	C-H (sp_3)
	1630	C=O <i>stretching</i>
	1460	C=C aromatis
	1384	C-H ₂ simetris <i>bending</i>
	1025	C-O-C <i>stretching</i>
	870	C-H <i>stretching out of plane</i> dari cincin aromatis
	665	O-H <i>bending</i>
Selulosa Hidrolisis	3477	OH <i>stretching</i>
	1641	C=O <i>stretching</i>
	1479	C=C aromatis
	1380	C-H ₂ simetris <i>bending</i>
	998	C-O-C <i>stretching</i>
	870	C-H <i>stretching out of plane</i> dari cincin aromatis
664	O-H <i>bending</i>	
Selulosa Xantat	3423	OH <i>stretching</i>
	2903	C-H (sp_3)
	1637	C=O <i>stretching</i>
	1428	C=C aromatis
	1383	C-H ₂ simetris <i>bending</i>
	1110	-O-C(=S)-S
	1060	C-O-C <i>stretching</i>
	910	C-H <i>stretching out of plane</i> dari cincin aromatis
	650	O-H <i>bending</i>
BACX Tanpa Porogen	3448	OH <i>stretching</i>
	2928	C-H (sp_3)
	1632	C=O <i>stretching</i>
	1413	C=C aromatis
	1350	C-H ₂ simetris <i>bending</i>
	1033	C-O-C <i>stretching</i>
	880	C-H <i>stretching out of plane</i> dari cincin aromatis
	819	Zn-O
	667	O-H <i>bending</i>
BACX CaCO_3 1,5 gram	3476	OH <i>stretching</i>
	2932	C-H (sp_3)
	1646	C=O <i>stretching</i>
	1421	C=C aromatis
	1350	C-H ₂ simetris <i>bending</i>
	1029	C-O-C <i>stretching</i>
	900	C-H <i>stretching out of plane</i> dari cincin aromatis
	820	Zn-O
667	O-H <i>bending</i>	

4.6 Analisis SEM-EDX BACX

Berdasarkan hasil karakterisasi SEM-EDX didapatkan morfologi permukaan BACX tanpa porogen berbentuk kasar dan berongga. Adapun pada BACX CaCO_3 1,5 gram didapatkan morfologi permukaan yang halus karena rongga pori BACX tertutup oleh porogen. Hal tersebut dimungkinkan karena proses pencucian pengeluaran porogen yang kurang bersih pada BACX CaCO_3 1,5 gram. Berikut ini ditampilkan gambar hasil analisis SEM-EDX.



Gambar 4.12 Hasil karakterisasi SEM (a) BACX tanpa porogen perbesaran 15.000x (b) BACX tanpa porogen perbesaran 30.000x (c) BACX CaCO_3 1,5 gram perbesaran 15.000x (d) dan BACX CaCO_3 1,5 gram perbesaran 30.000x.

Tabel 4.2 Persen berat masing-masing unsur dari BACX tanpa porogen dan CaCO₃ 1,5 gram

Sampel	Berat masing-masing unsur (%)				
	C	O	S	Ca	Zn
BACX tanpa porogen	47,81	40,16	1,33	-	35,70
BACX CaCO ₃ 1,5 gram	58,19	35,92	2,11	0,97	11,76

Berdasarkan hasil EDX, didapatkan unsur yang terkandung dalam BACX tanpa porogen adalah unsur C, O, S, dan Zn. Sedangkan pada BACX CaCO₃ 1,5 gram didapatkan unsur C, O, S, Ca, dan Zn. Persen Ca yang didapatkan pada BACX CaCO₃ 1,5 gram masih ada, hal tersebut berarti unsur Ca di dalam BACX belum keluar secara maksimal. Persen Zn yang didapatkan pada BACX tanpa porogen dan BACX CaCO₃ 1,5 gram menunjukkan keberhasilan ikat silang antara alginat Zn²⁺. Persen Zn yang didapatkan pada BACX tanpa porogen lebih besar dibandingkan dengan BACX CaCO₃ 1,5 gram yakni berturut-turut 35,70% dan 11,76%. Menurut Mane, *et al.*, (2016), penambahan porogen akan menghalangi proses *crosslink* pada pembentukan BACX.

Berdasarkan data-data yang telah diperoleh dari penelitian, dapat kita ketahui bahwa penambahan variasi porogen CaCO₃ pada pembuatan BACX akan mempengaruhi hasil yang didapatkan dari segi nilai daya *swelling* dan porositasnya. Allah SWT telah berfirman dalam Q.S Al Hijr (15) ayat 19:

وَالْأَرْضَ مَدَدْنَاهَا وَأَلْقَيْنَا فِيهَا رَوْسِيَ وَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ شَيْءٍ مَوْزُونٍ (١٩)

Artinya: "Dan Kami telah menghamparkan bumi dan menjadikan padanya gunung-gunung dan Kami tumbuhkan padanya segala sesuatu menurut ukuran".

Menurut Qatadah "*mauzuun*" berarti terbagi, sedangkan menurut Mujahid "*mauzuun*" berarti terhitung (Al-Qurthubi, 2009). Ali (2009) menafsirkan bahwa segala sesuatu yang diciptakan oleh Allah SWT di muka bumi ini sesuai dengan

keseimbangan dan ukuran yang serasi, dimana terdapat hubungan saling ketergantungan antara dunia mineral, nabati, dan hewani. Al-Maraghi (1987) menafsirkan bahwa Allah SWT menciptakan setiap tumbuhan sesuai ukuran dan timbangan, sehingga dapat kita ketahui bahwa setiap tumbuhan mengandung unsur yang berbeda-beda.

Sesuai ayat tersebut dapat dihubungkan dengan proses pembuatan BACX, dimana kadar penambahan porogen CaCO_3 yang tepat akan menghasilkan BACX yang optimum berdasarkan nilai daya *swelling* dan porositasnya. Sebaliknya penambahan kadar CaCO_3 yang terlalu sedikit ataupun terlalu banyak akan menghasilkan BACX yang kurang optimum. Komposisi pembuatan BACX yakni alginat, selulosa xantat, dan CaCO_3 akan saling ketergantungan untuk mendapatkan BACX yang optimum. Oleh karena itu kadar komposisi yang dibutuhkan harus tepat dan sesuai dengan yang diharapkan.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah disampaikan pada pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Nilai daya *swelling* tertinggi didapatkan pada BACX CaCO₃ 1,5 gram sebesar 127,55%, sedangkan nilai daya *swelling* terendah didapatkan pada BACX CaCO₃ 0,5 gram sebesar 9,02%. Nilai porositas tertinggi didapatkan pada BACX tanpa porogen sebesar 61,54%.
2. Berdasarkan analisis FTIR BACX CaCO₃ 1,5 gram dan BACX tanpa porogen, muncul bilangan gelombang pada daerah 800 cm⁻¹ yang mengindikasikan gugus Zn-O. Selain itu muncul bilangan gelombang pada daerah 1030 cm⁻¹ yang mengindikasikan gugus –O-C(=S)-S.
3. Karakterisasi BACX CaCO₃ 1,5 gram berdasarkan analisis SEM-EDX memiliki bentuk permukaan yang halus karena rongga pori tertutup oleh porogen. Sedangkan bentuk permukaan BACX tanpa porogen berbentuk kasar dan berongga.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk metode pencucian porogen pada proses pembentukan pori *beads*.
2. Perlu dicari metode lain pada analisis *swelling* dan porositas
3. Perlu diperhatikan jarak *dropping* pada saat penetesan *beads*

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi. 1990. *Kimia Kayu*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Anwar, Syaiful. 2016. *Pengantar Kimia Tanah*. Bogor: IPB Press.
- Ayuningtyas, F. 2012. Pembuatan dan Karakterisasi Beads Hidrogel dari Berbagai Polimer sebagai Media Tanam. *Skripsi*. Jurusan Farmasi Fakultas MIPA Universitas Indonesia.
- Bajpai, S.K. dan Shubhra Sharma. 2004. Investigation of swelling/degradation behaviour of alginate beads crosslinked with Ca^{2+} and Ba^{2+} ions. *Reactive & Functional Polymers*, 59,129–140.
- Bhattacharya, D., Germinario, L.T., dan Winter, W.T. 2008. Isolation, Preparation and Characterization of Cellulose Microfibers Obtained from Bagasse. *Carbohydrate Polymers*, 73: 371-377.
- Boufi, S., dan Chaker, A. 2016. Easy Production of Cellulose Nanofibrils from Corn Stalk by a Conventional High Speed Blender. *Industrial Crops and Products*, 93: 39-47.
- Buranov, A.U., dan Mazza, G. 2008. Lignin in Straw of Herbaceous Crops. *Industrial Crops and Products*, 28: 237-259.
- Choi, B.Y., Park, H.J., Hwang, S.J., dan Park, J.B. 2002. Preparation of Alginate Beads for Floating Drug Delivery System: Effects of CO_2 Gas-Forming Agents. *International Journal of Pharmaceutics*, 239: 81-91.
- Choi, J.W., Yang, K.S., Kim, D.J., dan Lee, C.E. 2009. Adsorption of Zinc and Toluene by Alginate Complex Impregnated with Zeolite and Activated Carbon. *Current Applied Physics*, 9: 694-697.
- Cowd, M.A. 1982. *Kimia Polimer*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Demirbas, A. 2008. Heavy Metal Adsorption Onto Agro-Based Waste Materials: A Review. *Journal of Hazardous Materials*, 157: 220-229.
- Edison, D. 2015. Pengaruh Konsentrasi HCl dalam Proses Hidrolisis α -Selulosa dari Ampas Tebu (*Saccharum officinarum L.*) Terhadap Karakteristik Mikrokristalin. *Skripsi*. Padang: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Danalas.
- Eiselt, P., Yeh, Julia., Latvala, R.K., Shea, L.D., dan Mooney, D.J. 2000. Porous Carriers for Biomedical Applications Based on Alginate Hydrogels. *Biomaterials*, 21: 1921-1927.

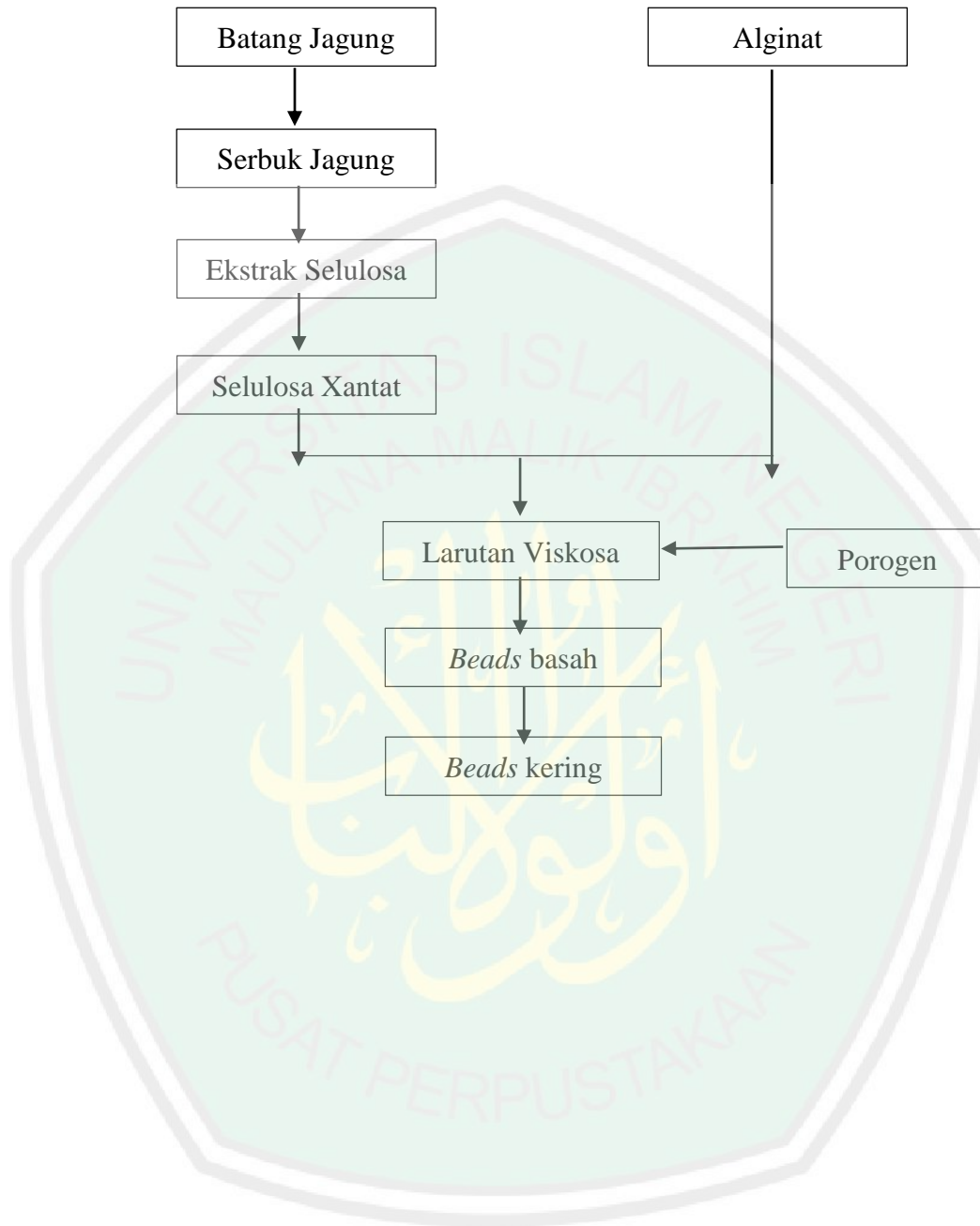
- Gericke, M., Trygg, J., dan Fardim, P. 2013. Functional Cellulose Beads: Preparation, Characterization, and Applications. *Chemical Reviews*, 113: 4812-4836.
- Haafiz, Mohamad M.K., Eichhorn, S.J., Hassan, A., dan Jawaid, M. 2013. Isolation and Characterization of Microcrystalline Cellulose from Oil Palm Biomass Residue. *Carbohydrate Polymers*, 93: 628-634.
- Huber, T., Jorg Mussig., Owen Curnow., Shusheng Pang., Simon Bickerton., dan Mark P. Staiger. 2012. A Critical Review of All-Cellulose Composites. *Journal of Materials Science*, 47: 1171-1186.
- Al-Jazairi, S.A.B.J. 2007. *Tafsir al-Qur'an al-Aisar*. Jakarta: Darus Sunnah.
- Jonnata, M., Katzir. A., dan Mizaikoff, B. 2002. Sol-gel Coated Mid-Infrared Fiber-Optic Sensors. *Georgia Institute of Technology*, 57: 7.
- Junaidi, Najib. 2010. *Tafsir Jalalain (Terjemah)*. Surabaya: Pustaka eLKB Perum Galaxi Bumi Permai.
- Kampeerapappun, Piyaporn. 2015. Ekstraksi dan Characterization of Cellulose Nanocrystals Produced by Acid Hydrolysis from Corn Husk. *Journal of Metals, Materials and Minerals*, Vol. 25 No. 1 pp. 19-26.
- Kumar, P., Barrett, D.M., Delwiche, M.J., dan Stroeve, P. 2009. Methods for Pretreatment of Lignocellulosic Biomass for Efficient Hydrolysis and Biofuel Production. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 48: 3713-3729.
- Kuo, C.K., dan Ma, P.X. 2008. Maintaining Dimensions and Mechanical Properties of Ionically Crosslinked Alginate Hydrogel Scaffolds In Vitro. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 84: 899-907.
- Labanni, A., Zakir, M. dan Maming. 2015. Sintesis dan Karakterisasi Karbon Nanopori Ampas Tebu (*Saccharum Officinarum*) dengan Aktivator ZnCl₂ melalui Iradiasi Ultrasonik sebagai Bahan Penyimpan Energi Elektrokimia. *Indonesia Chimica Acta*, 7 (2): 1-8.
- Lee, K.Y., dan Mooney, D.J. 2012. Alginate: Properties and Biomedical Applications. *Progress in Polymer Science*, 37: 106-126.
- Lin, D. dan Y. Zhao. 2007. Innovation in the Development and Application of Edible Coating for Fresh and Minimally Processed Fruits and Vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 6: 60-75.
- Lou, Z., Zhao, Z., Li, Y., Shan, W., Xiong, Y., Fang, D., Yue, S., dan Zang, S. 2013. Contribution of Tertiary Amino Groups to Re(VII) Biosorption on Modified Corn Stalk: Competitiveness and Regularity. *Bioresource Technology*, 133: 546-554.

- Mane, Sachin. 2016. Effect of Porogens (Type and Amount) on Polymer Porosity: A Review. *Review*, 4: 210-225.
- Al-Maraghi, Ahmad Musthafa. 1987. *Tafsir Al-Maraghi*. Semarang: CV. Toha Putra Semarang.
- Mardina, Primata, Adelina I. Talalangi., Jhon F.M. Sitinjak., Danri Nugroho., dan M. Reza Fahrizal. 2013. Pengaruh Proses Delignifikasi pada Produksi Glukosa dari Tongkol Jagung dengan Hidrolisis Asam Encer. *Konversi*, Vol 2 (2).
- Masrukan, Wagiyono, Aditoyanto. 1999. Pemeriksaan Mikrostruktur dan Analisis Unsur AlMgSil Menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM)-EDS. *Prosiding Seminar Nasional Hamburan Neutron dan Sinar X Kedua: ISSN 1410-7686*, 79-82.
- Park, J.M., Kim, P.G., Jang, J.H., Wang, Z., Hwang, B.S., dan DeVries, K.L. 2008. Interfacial Evaluation and Durability of Modified Jute Fibers/Polypropylene (PP) Composites Using Micromechanical Test and Acoustic Emission. *Composites Part B: Engineering*, 39: 1042-1061.
- Purnamasari, D. 2011. Formulasi *Beads* Mengapung Famotidin dengan Kalsium Karbonat Sebagai Pembentuk Pori. *Skripsi*. Depok: Jurusan Kimia FMIPA UI.
- Puspitasari, S. 2017. Preparasi dan Karakterisasi *Beads* Alginat-Selulosa Xantat dari Ampas Tebu Melalui Metode Gelasi Ionik dengan CaCO₃ Sebagai Porogen. *Skripsi*. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Putera, R.D.H. 2012. Ekstraksi Serat Selulosa dari Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) dengan Variasi Pelarut. *Skripsi*. Depok: Fakultas Teknik UI.
- Al-Qurthubi, Syeh Imam. 2009. *Tafsir al-Qurthubi al-Jami' li Ahkam Al-Qur'an*. Beirut: Daar Ar-Risalah.
- Rowe, R.C., Sheskey, P.J., dan Quinn, M.E. 2009. *Handbook of Pharmaceutical Excipients*, Edisi 6. London: Pharmaceutical Press.
- Sahare, P., Singh, R., Laxman, R.S., dan Rao, M. 2012. Effect of Alkali Pretreatment on the Structural Properties and Enzymatic Hydrolysis of Corn Cob. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 168: 1806-1819.
- Saleh, A. 2009. Pengaruh Konsentrasi Pulp, Temperatur, dan Waktu Pemasakan pada Pembuatan Pulp dari Sabut Kelapa Muda. *Jurnal Teknik Kimia*, 16 (3): 35-44.
- Shihab, Q. 2002. *Tafsir Al-Misbah Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an Volume II*. Jakarta: Lentera Hati.
- Sonmez, M., ficai, A., D., Trusca, R., dan Danronescu, E. 2016. Alginate/Cellulose Composite Beads for Enviromental Applications. *Scientific Bulletin*, 78 (2): 165-176.

- Suhas, Gupta, V.K., Carrott, P.J.M., Singh, R., Chaudhary, M., dan Kushwaha, S. 2016. Cellulose: A Review as Natural, Modified and Activated Carbon Adsorbent. *Bioresource Technology*, 216: 1066-1076.
- Sujatno, A. 2015. Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir*. 44-50.
- Supramaniam, J., Adnan, R., Mohd Kaus, N.H., dan Bushra, R. 2018. Magnetic Nanocellulose Alginate Hydrogel Beads as Potential Drug Delivery System. *International Journal of Biological Macromolecules*, 118: 640-648.
- Suvachittanont, S dan Pookingdao, W. 2013. Development of Porous Spherical Cellulose Beads Production from Corn Cob as an Exfoliating Agent for Cosmetic Industries. *Journal of Chemistry dan Chemical Engineering*, 7 (12): 1156-1163.
- Swatloski, R., Holbrey, J., Spear, S., dan Rogers, R. 2002. Ionic Liquids for the Dissolution and Regeneration of Cellulose. *Conference Paper*, 155–164.
- Taherzadeh, M.J., dan Karimi, K. 2007. Acid-Based Hydrolysis Processes for Ethanol from Lignocellulosic Materials: A Review. *BioResources*, 2: 472-499-499.
- Wang, T., Li, B., dan Si, H. 2013. Preparation of Regenerated Cellulose Bead and Its Coating with Cyclodextrins. *Cellulose Chemistry dan Technology*, 47 (1-2): 37-47.
- Yulianti, Eny., Meilina Ratna Dianti., dan Rifatul Mahmudah. 2016. Pembuatan Nature Celulosa Beads dari Batang Jagung sebagai Pengemban Senyawa Aktif Antidiabetik Tanaman Kelor Moringa Oleivera. *Laporan DIKTIS*.
- Zheng, L., Dang, Z., Zhu, C., Yi, X., Zhang, H., dan Liu, C. 2010. Removal of Cadmium(II) from Aqueous Solution by Corn Stalk Graft Copolymers. *Bioresource Technology*, 101: 5820-5826.
- Zheng, L., dan Meng, P. 2015. Preparation, Characterization of Corn Stalk Xanthates and Its Feasibility for Cd (II) Removal from Aqueous Solution. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 58: 391-400.

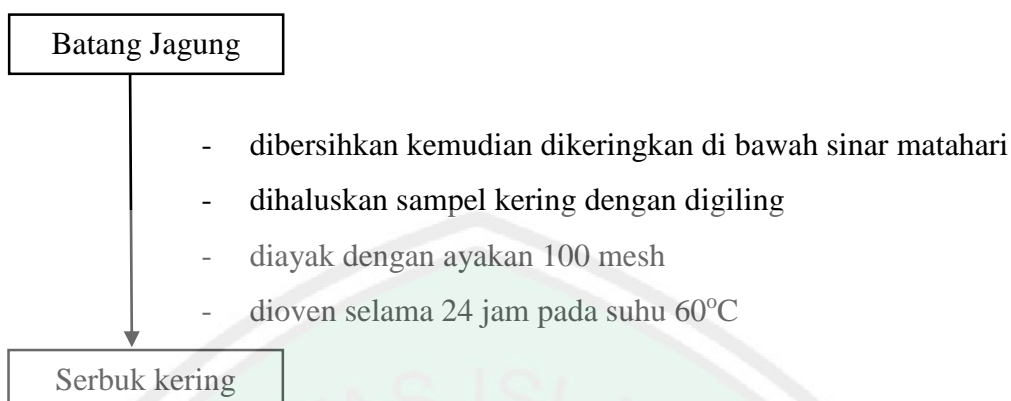
LAMPIRAN

Lampiran I Rancangan Penelitian

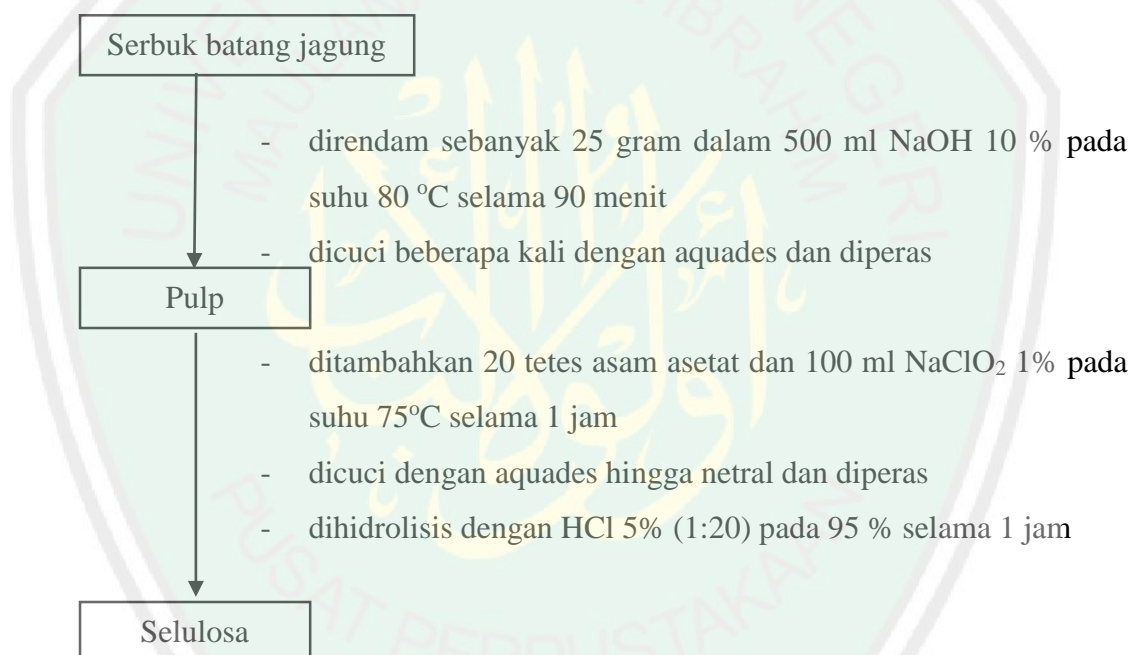


Lampiran II Skema Kerja

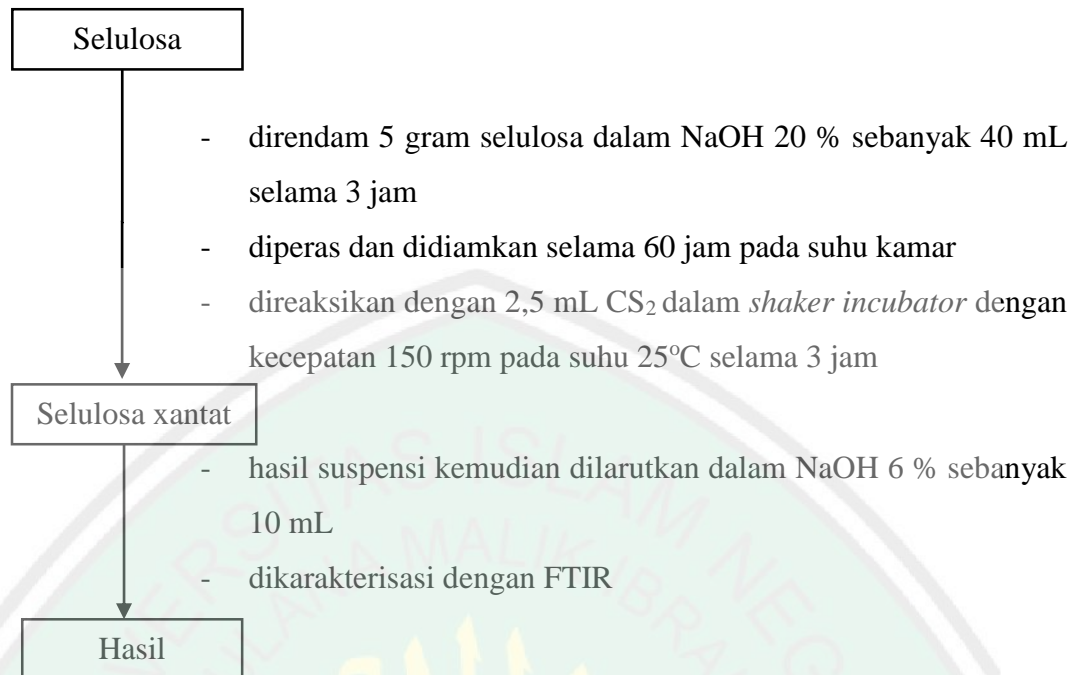
L.2.1 Preparasi Sampel



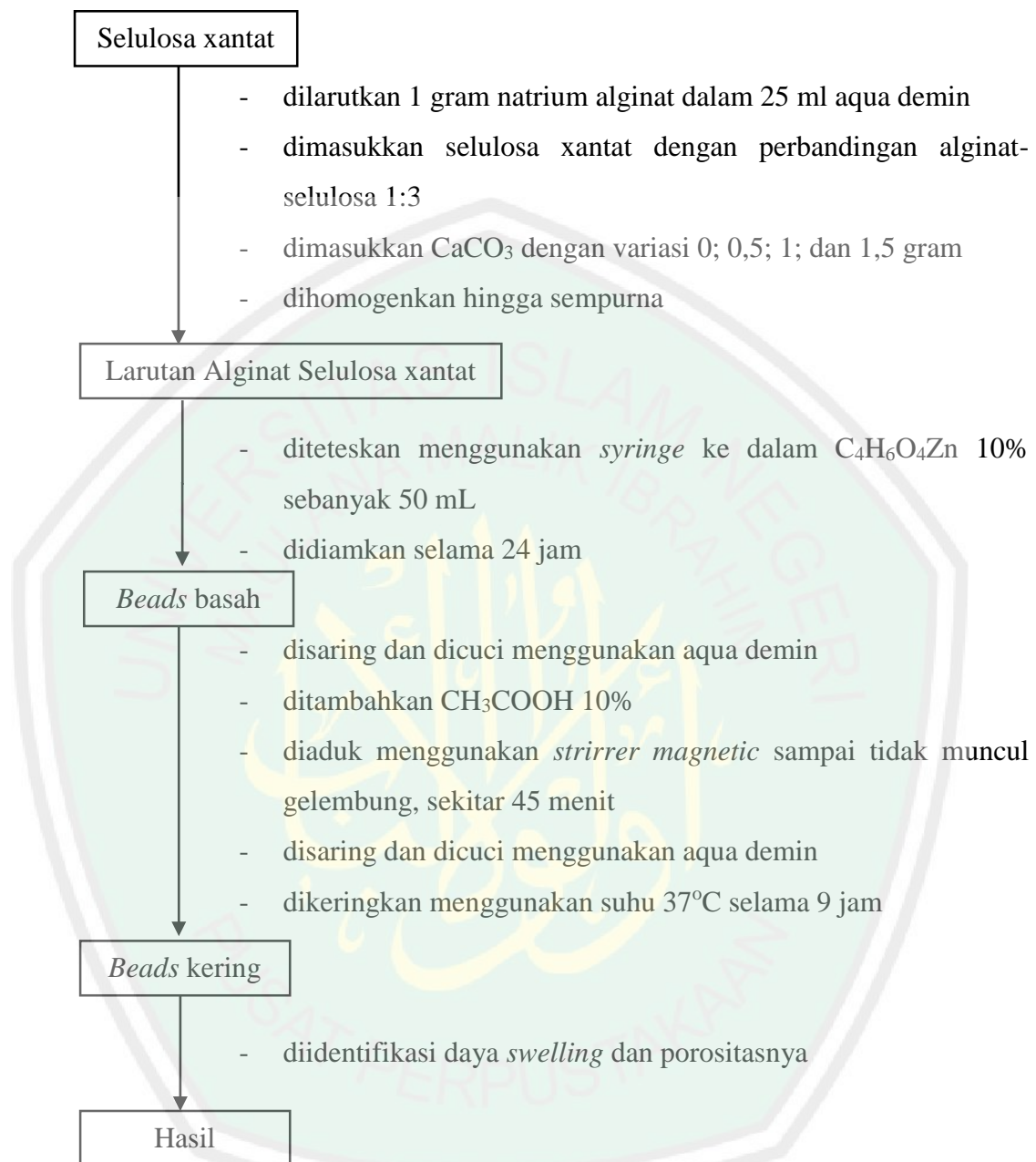
L.2.2 Ekstraksi Selulosa dari Batang Jagung



L.2.3 Pembuatan Selulosa Xantat

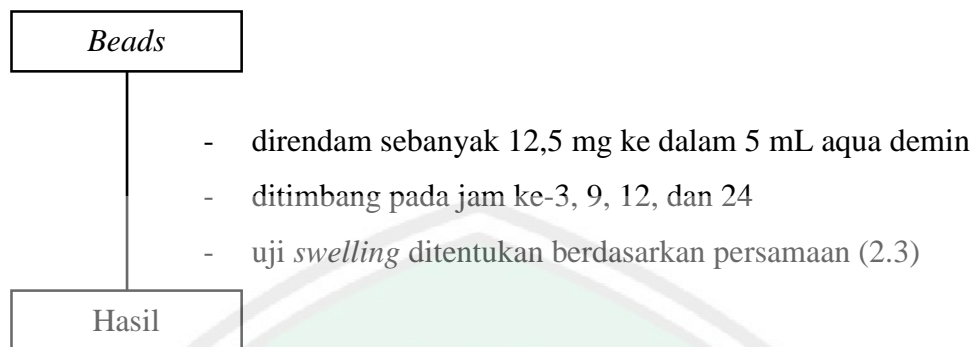


L.2.4 Penentuan Konsentrasi Terbaik CaCO_3 dalam Pembentukan Pori BACX

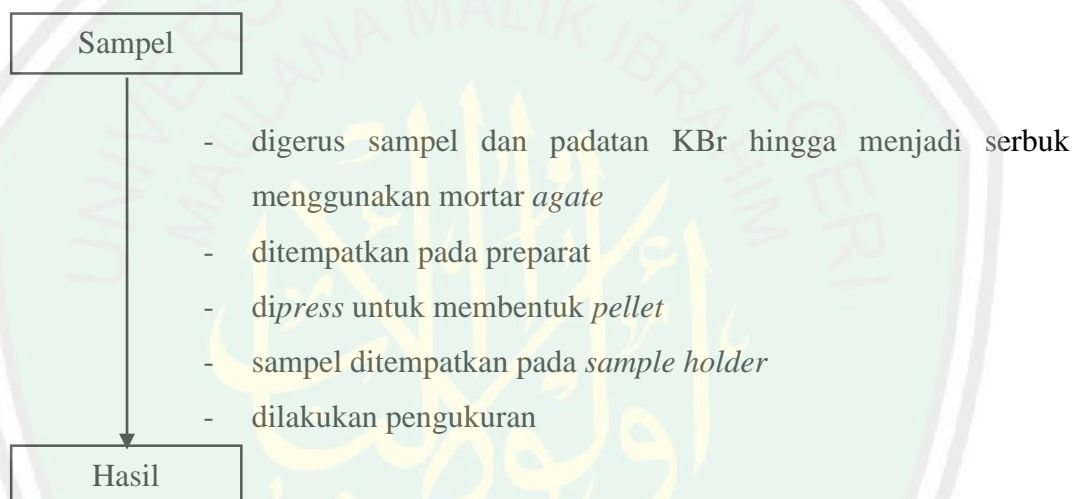


L.2.5 Karakterisasi

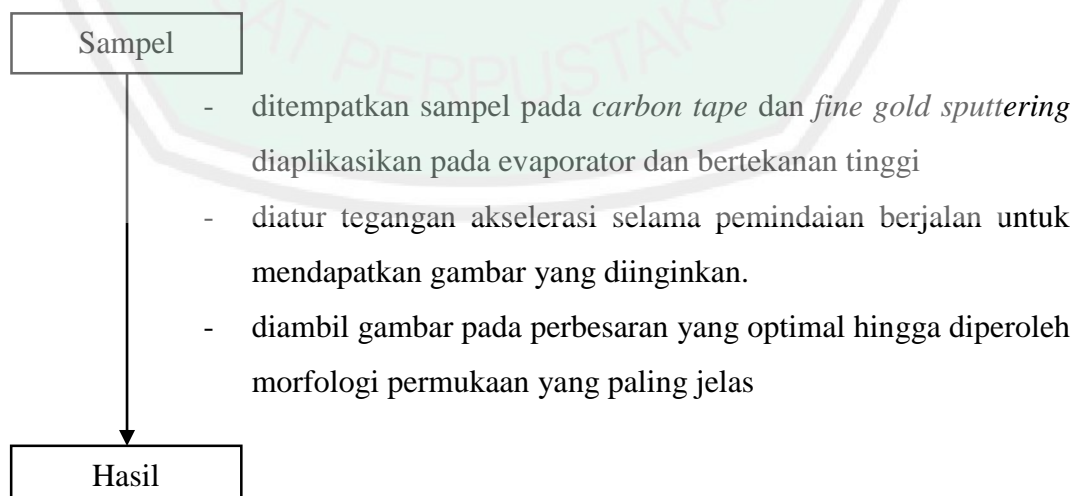
L.2.5.1 Uji *Swelling Beads*



L.2.5.2 Analisis Gugus Fungsi



L.2.5.3 Analisis Morfologi Permukaan



L.2.5.4 Analisis Porositas *Beads*

Sampel

- diambil larutan etanol
- dimasukkan ke dalam gelas ukur 10 ml
- diukur volume etanol (V_1)
- dimasukkan *beads* ke dalam gelas ukur yang telah berisi etanol
- diukur volume yang telah ditambahkan *beads* (V_2)
- direndam *beads* hingga 24 jam
- dikeluarkan *beads* dari larutan etanol
- diukur volume etanol yang tersisa (V_3)
- dihitung porositasnya (X) berdasarkan persamaan (2.4)

Hasil

Lampiran III Preparasi Larutan

L.3.1 Ekstraksi Selulosa

a. NaOH 10% dalam 1000 mL

Diketahui:

$$\% \frac{b}{v} = 10\%$$

$$v = 1000 \text{ mL}$$

Ditanya: m

Jawab:

$$\% \frac{b}{v} = \frac{m}{v} \dots \dots \dots (L.3.1(a))$$

$$10\% = \frac{m}{1000 \text{ mL}}$$

$$m = 100 \text{ gr}$$

Jadi, larutan NaOH 10% dibuat dengan 100 gr NaOH yang diencerkan dalam 1000 mL aquades.

b. NaClO₂ 1% dalam 250 mL

Diketahui:

$$M_1 = 1\%$$

$$M_2 = 25\%$$

$$V_2 = 250 \text{ mL}$$

Ditanya: V₁

Jawab:

$$\%_1 \times V_1 = \%_2 \times V_2 \dots \dots \dots (L.3.1 (b))$$

$$25\% \times V_1 = 1\% \times 250 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{1\% \times 250 \text{ mL}}{25\%}$$

$$V_1 = 10 \text{ mL}$$

Jadi, larutan NaClO₂ 1% dibuat dari larutan NaClO₂ 25% dengan mengencerkan 10 mL NaClO₂ dalam 250 mL aquades.

c. CH₃COOH 10% dalam 100 mL

Diketahui:

$$M_1 = 99,85\%$$

$$M_2 = 10\%$$

$$V_2 = 250 \text{ mL}$$

Ditanya: V_1

Jawab:

$$99,85\% \times V_1 = 10\% \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{10\% \times 100 \text{ mL}}{99,85\%}$$

$$V_1 = 10,02 \text{ mL}$$

Jadi, larutan CH₃COOH 10% dibuat dari larutan CH₃COOH 99,85% dengan mengencerkan 10,02 mL CH₃COOH dalam 100 mL.

d. HCl 5 %dalam 1000 mL

Diketahui:

$$M_1 = 37\%$$

$$M_2 = 5\%$$

$$V_2 = 1000 \text{ mL}$$

Ditanya: V_1

Jawab:

$$37\% \times V_1 = 5\% \times 1000 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{5\% \times 1000 \text{ mL}}{37\%}$$

$$V_1 = 135,1 \text{ mL}$$

Jadi, larutan HCl 5% dibuat dari larutan HCl 37% dengan mengencerkan 135,1 mL HCl dalam 1000 mL aquades.

L.3.2 Preparasi *Beads*

a. NaOH 20% dalam 100 mL

Diketahui:

$$\% \frac{b}{v} = 20\%$$

$$v = 100 \text{ mL}$$

Ditanya: m

Jawab:

$$\% \frac{b}{v} = \frac{m}{v}$$

$$20\% = \frac{m}{v \cdot 100 \text{ mL}}$$

$$m = 20 \text{ gr}$$

Jadi, larutan NaOH 20% dibuat dengan 20 gr NaOH yang diencerkan dalam 100 mL aquades.

b. Zink asetat 5% dalam 100 mL

Diketahui:

$$\% \frac{b}{v} = 5\%$$

$$v = 100 \text{ mL}$$

$$5\% = \frac{m}{100 \text{ mL}}$$

$$m = 5 \text{ gr}$$

Jadi, larutan zink asetat 5% dibuat dengan 5 gr zink asetat dalam 100 mL aquades.

Lampiran IV Perhitungan

L.4.1 Randemen Selulosa

$$\begin{aligned} \text{Randemen} &= \frac{\text{Berat setelah ekstraksi}}{\text{Berat awal}} \times 100\% \dots\dots\dots (\text{L.4.1}) \\ &= \frac{50,0002 - 34,0726}{50,0002} \times 100\% \\ &= 31,85\% \end{aligned}$$

L.4.2 Daya Swelling

Perhitungan daya *swelling beads* selulosa xantat menggunakan persamaan (2.3). Data-data yang digunakan pada perhitungan daya *swelling* BACX konsentrasi 0,5 gr 3 jam, sebagai berikut:

$$(W_t - W_o)_{\text{rata}} = 4,5 \text{ mg} \quad W_o \text{ rata} = 12,27 \text{ mg}$$

Sehingga, daya *swelling*-nya, adalah:

$$\text{Swelling} = \frac{W_t - W_o}{W_o} \times 100\% = \frac{4,5}{12,27} \times 100\% = 36,67\%$$

Perhitungan pada *beads* dengan variasi lain dilakukan dengan cara yang sama. Nilai daya *swelling* tanpa porogen serta variasi porogen CaCO₃ 0,5; 1; dan 1,5 dapat ditampilkan pada Tabel L.4.1.

Tabel L.4.1 Nilai daya *swelling beads* tanpa porogen serta variasi porogen CaCO₃ 0,5; 1; dan 1,5 gram

BACX	Waktu (jam)	Berat (mg)				$(W_t - W_o)_{\text{rata}}$ (mg)	Daya Swelling (%)
		$W_o \text{ rata}$ (mg)	$W_t - W_o$ (mg)				
			1	2	3		
Tanpa Porogen	3	11,65	3,5	3,4	3,6	3,5	30,04
	9	12,4	4,6	3,4	4,2	4,07	32,82
	12	12,9	3,9	5,2	3,8	4,3	33,33
	24	13,26	4,7	4,2	5,1	4,67	35,22
CaCO ₃ 0,5gr	3	12,27	4,5	4,6	4,4	4,5	36,67
	9	12,53	2,6	0,4	0,4	1,13	9,02
	12	11,3	1,4	1,7	1,3	1,47	13,01
CaCO ₃ 1gr	24	22,67	20	23,4	19,6	21	92,63
	3	14,47	7	7,1	7,4	7,2	49,76
	9	14,7	6,3	4,7	5,3	5,43	36,94
	12	14,8	7,4	7,1	8,9	7,8	52,70
CaCO ₃ 1,5gr	24	25,03	27,2	29,1	29,6	28,63	114,38
	3	12	8,7	8,4	9,3	8,8	73,33
	9	12,53	7,1	5,6	9,2	7,3	58,26
	12	12,4	11,1	10,2	11,8	11,03	88,95
	24	25,77	33,9	32,7	32	32,87	127,55

L.4.3 Porositas

Perhitungan daya porositas BACX menggunakan persamaan 2.4. Data-data yang digunakan pada perhitungan porositas BACX CaCO_3 0,5 gr, sebagai berikut:

$$V_{1 \text{ rata}} = 5 \text{ ml} \quad (V_1 - V_3)_{\text{rata}} = 0,23 \text{ ml}$$

$$V_{2 \text{ rata}} = 5,2 \text{ ml} \quad V_{T \text{ rata}} = 0,43 \text{ ml}$$

Sehingga, nilai porositasnya, adalah:

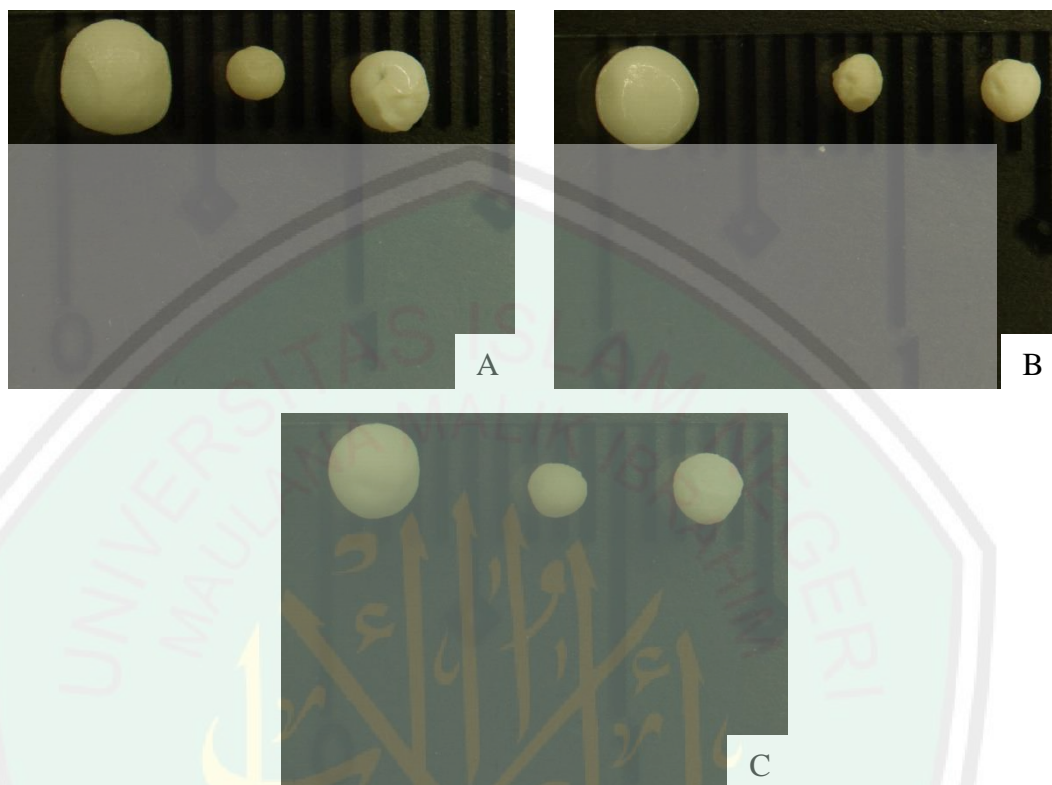
$$\text{Porositas} = \frac{(V_1 - V_3)_{\text{rata}}}{V_{T \text{ rata}}} \times 100\% = \frac{0,23}{0,43} \times 100\% = 53,49\%$$

Tabel L.4.2 Nilai porositas tanpa porogen serta variasi porogen CaCO_3 0,5; 1; dan 1,5 gram

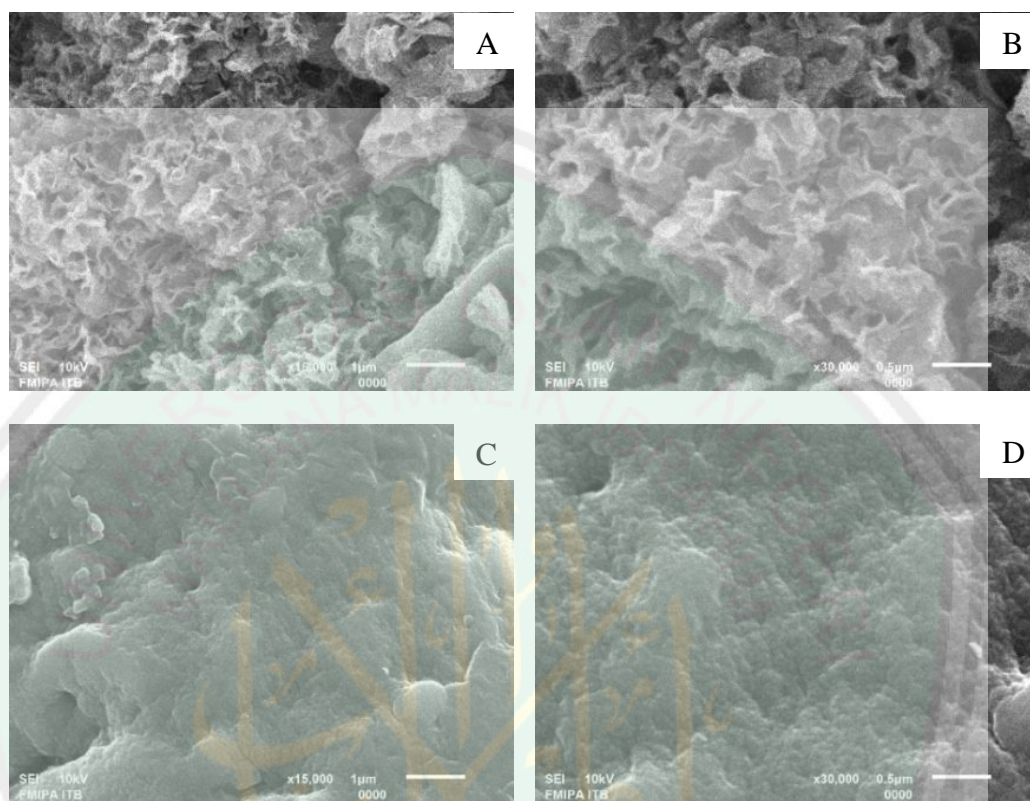
Beads	V_1 (ml)			V_2 (ml)			V_3 (ml)			$(V_1 - V_3)$ rata (ml)	V_T rata (ml)	Φ (%)
	A	B	C	A	B	C	A	B	C			
Tanpa Porogen	5	5	5	5,2	5,2	5,2	4,75	4,6	4,6	0,32	0,52	61,54
CaCO_3 0,5 gr	5	5	5	5,2	5,2	5,2	4,77	4,8	4,75	0,23	0,43	53,49
CaCO_3 1 gr	5	5	5	5,2	5,2	5,2	4,7	4,78	4,77	0,25	0,45	55,56
CaCO_3 1,5 gr	5	5	5	5,2	5,2	5,2	4,72	4,7	4,7	0,29	0,49	59,18

Lampiran V Data Mikroskop Optik

L.5.1 Analisis BACX 0,5; 1; dan 0,5 gram (basah, kering, setelah *swelling*)



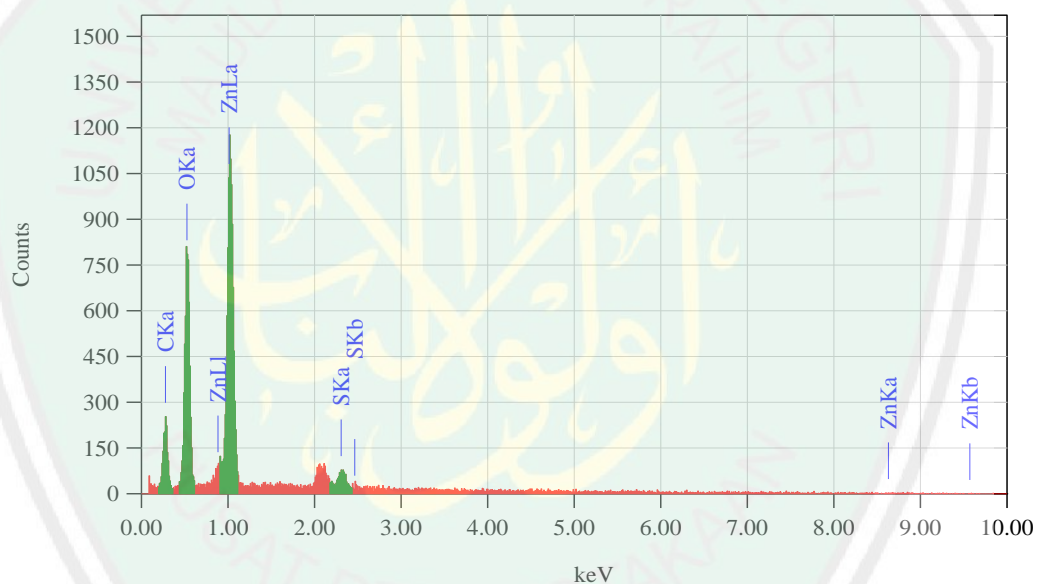
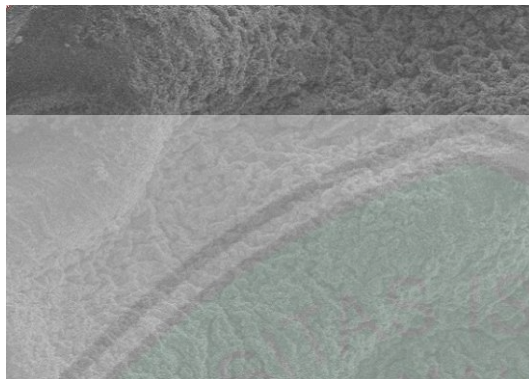
Gambar L.5.1 (A) BACX 0,5 gram (basah, kering, setelah *swelling*), (B) BACX 1 gram (basah, kering, setelah *swelling*), (C) BACX 1,5 gram (basah, kering, setelah *swelling*)

Lampiran VI Data SEM-EDX**L.6.1 SEM BACX Tanpa Porogen dan BACX CaCO₃ 1,5 gram**

Gambar L.6.1 Hasil karakterisasi SEM (a) BACX tanpa porogen perbesaran 15.000x (b) BACX tanpa porogen perbesaran 30.000x (c) BACX CaCO₃ 1,5 gram perbesaran 15.000x (d) dan BACX CaCO₃ 1,5 gram perbesaran 30.000x.

L.6.1 SEM-EDX BACX Tanpa Porogen dan BACX CaCO₃ 1,5 gram

L.6.1.1 SEM-EDX BACX Tanpa Porogen

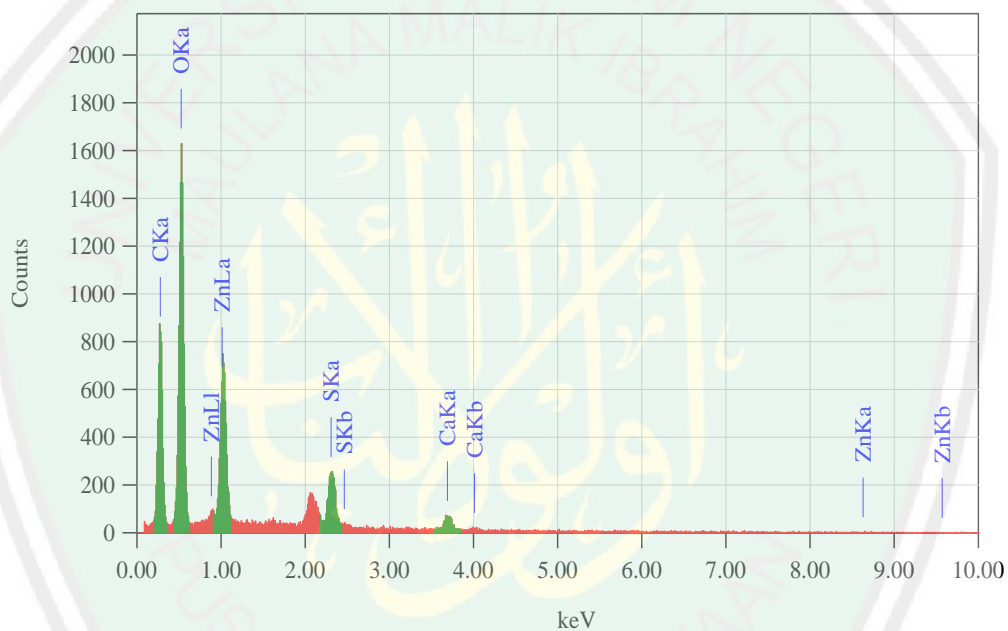
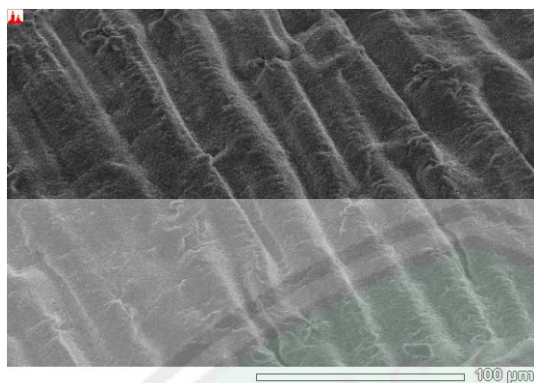


ZAF Method Standardless Quantitative Analysis

Fitting Coefficient: 0.5493

Element (keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation	K
C K	0.277	29.32	0.44	47.81			16.9054
O K	0.525	32.80	0.38	40.16			43.1881
S K	2.307	2.18	0.45	1.33			3.0911
Zn L*	1.012	35.70	0.52	10.70			36.8154
Total		100.00		100.00			

L.6.1.1 SEM-EDX BACX BACX CaCO₃ 1,5 gram



ZAF Method Standardless Quantitative Analysis

Fitting Coefficient: 0.5274

Element (keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation	K
C K	0.277	44.70	0.23	58.19			34.7740
O K	0.525	36.75	0.30	35.92			42.6432
S K	2.307	4.32	0.29	2.11			6.6814
Ca K	3.690	2.48	0.74	0.97			4.1249
Zn L*	1.012	11.76	0.38	2.81			11.7765
Total		100.00		100.00			