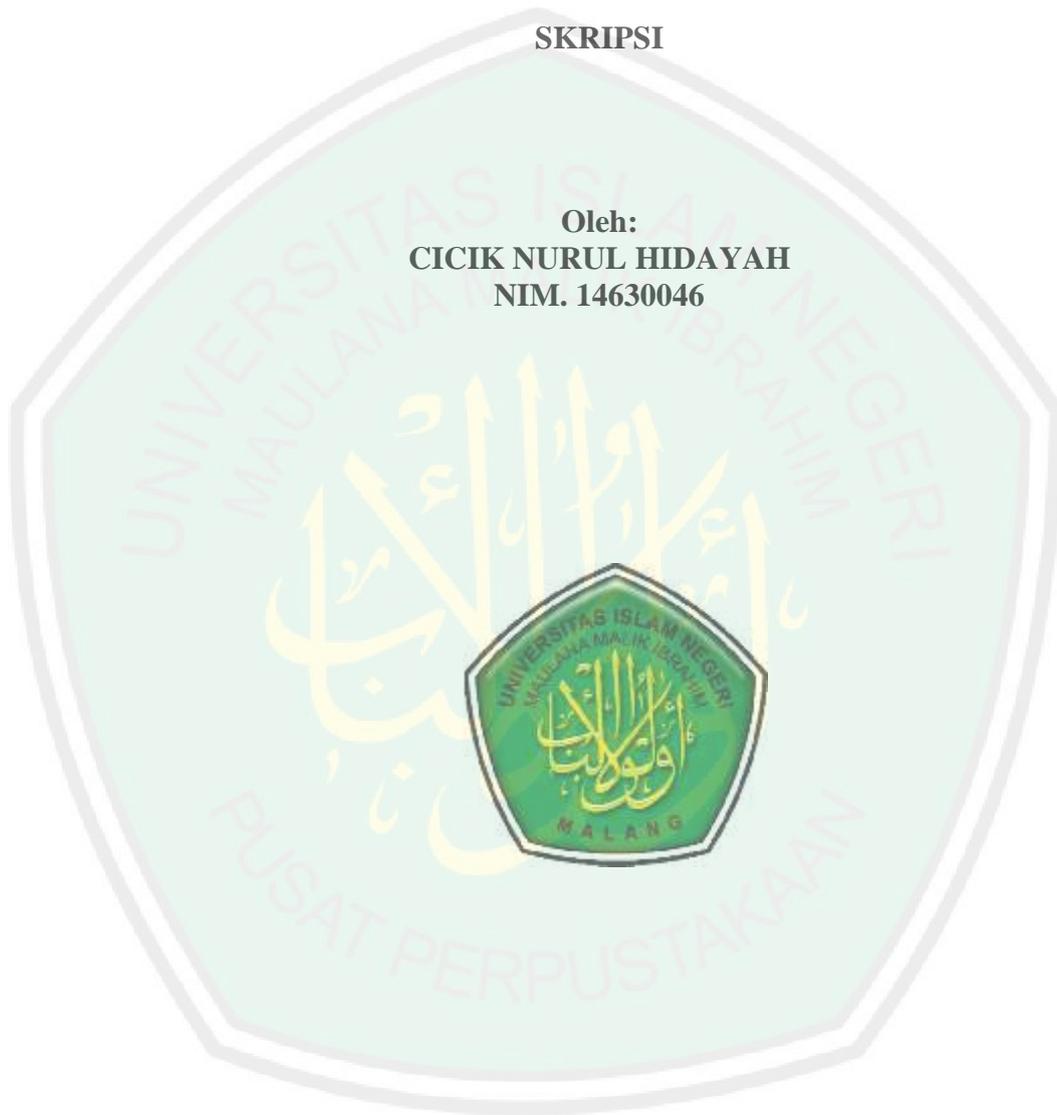


**SINTESIS DAN KARAKTERISASI *BEADS* ALGINAT-SELULOSA
XANTAT DARI BATANG JAGUNG DENGAN VARIASI POROGEN NaCl**

SKRIPSI

Oleh:
CICIK NURUL HIDAYAH
NIM. 14630046



**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 NaCl**

SKRIPSI

Oleh:
CICIK NURUL HIDAYAH
NIM. 14630046

Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) 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**

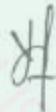
**SINTESIS DAN KARAKTERISASI *BEADS* ALGINAT-SELULOSA
XANTAT DARI BATANG JAGUNG DENGAN VARIASI POROGEN NaCl**

SKRIPSI

Oleh:
CICIK NURUL HIDAYAH
NIM. 14630046

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal: 11 Januari 2019

Pembimbing I



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

Pembimbing II



M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I
NIPT. 201402011409

**Mengetahui,
Ketua Jurusan**



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

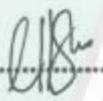
**SINTESIS DAN KARAKTERISASI BEADS ALGINAT-SELULOSA
XANTAT DARI BATANG JAGUNG DENGAN VARIASI POROGEN NaCl**

SKRIPSI

Oleh:
CICIK NURUL HIDAYAH
NIM. 14630046

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 14 Januari 2019

Penguji Utama : Himmatul Baroroh, M. Si (.....)
NIP. 19750730 200312 2 001

Ketua Penguji : Lilik Miftahul Khoiroh, M. Si (.....)
NIDT. 1983122620180201 2 249

Sekretaris Penguji : Eny Yulianti, M.Si (.....)
NIP. 19760611 200501 2 006

Anggota Penguji : M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I (.....)
NIPT. 201402011409



Mengesahkan,
Ketua Jurusan

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

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Cicik Nurul Hidayah
NIM : 14630046
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Sintesis dan Karakterisasi *Beads* Alginat-Selulosa Xantat dari Batang Jagung dengan Variasi Porogen NaCl

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan, atau pemikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 14 Januari 2019

Yang membuat pernyataan



Cicik Nurul Hidayah
NIM. 14630046

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan syukur alhamdulillah, saya persembahkan skripsi ini untuk:

1. Allah SWT, yang telah meridhoi dan memudahkan segala aktiivitas.
2. Orang tua (Slamet Suparno dan Kayanah) tercinta, yang senantiasa melantunkan doa dan dukungan kepada saya. Saudara (Didik Hartoyo, Muhammad Zaini Asy'ari, Indraswari Dharmayanti, dan Meidita Tri Lestari) yang selalau memberikan motivasi untuk keberhasilan saya. Karena dorongan merekalah yang membuat saya bisa bertahan dan selalu bangkit hingga saat ini.
3. Teman-teman angkatan 2014, khususnya team *beads* (azizah, adhi, dan nanang) dan kimia fisik squad (Feri dan Mala) yang telah memberikan coretan kisah selama berjalannya penelitian, canda tawa, maupun dukungan hingga dapat menyelesaikan skripsi ini. Dan tak lupa untuk sahabat saya Ervina Dwi Inggarwati, yang selalu mendukung dan memberi motivasi baik suka maupun duka selama ini.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

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 NaCl”**. Shalawat dan salam selalu penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW, sosok teladan personal dalam membangun *role* model peradaban dan budaya pemikiran.

Selanjutnya penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu *terselesainya* laporan hasil penelitian ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Bapak, ibu, dan kakak tercinta yang senantiasa memberikan do'a dan restunya kepada penulis dalam menuntut ilmu
2. Eny Yulianti, M.Si. dan M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I., selaku dosen pembimbing 1 dan pembimbing 2 yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan.
3. Himmatul Baroroh, M.Si. dan Lilik Miftahul Khoiroh, M.Si., selaku penguji utama dan konsultan yang telah memberikan pengarahan.
4. Elok Kamilah Hayati, M.Si., selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Segenap civitas akademika Jurusan Kimia, terutama seluruh dosen, terima kasih atas segenap ilmu dan bimbingannya.

6. Dr. Sri Harini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
7. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
8. Tim *beads* dan teman laboratorium KF Riset yaitu Azizah, Adhi, Nanang, Feri, Mala, dan Vina, terima kasih telah memberikan motivasi, pengetahuan, canda tawa, dan segala bentuk bantuan kepada penulis dalam penelitian ini.
9. Seluruh mahasiswa jurusan kimia UIN Malang, khususnya angkatan 2014, yang selalu mendukung dan berbagi ilmu.
10. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini baik berupa materil maupun moril.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat kekurangan dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada para pembaca, khususnya bagi penulis. *Amin Ya Rabbal Alamin.*

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, 14 Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
LEMBAR ORISINILITAS	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
المستخلص	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Batasan Penelitian	6
1.5 Manfaat Masalah	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Batang Jagung sebagai Sumber Biopolimer	8
2.2 Selulosa	10
2.3 Ekstraksi dan Hidrolisis Selulosa dari Batang Jagung	11
2.4 Pembuatan Selulosa Xantat	15
2.5 Potensi Alginat sebagai Komposit <i>Beads</i>	16
2.5 Metode Pembuatan <i>Beads</i> Alginat Selulosa	18
2.6 Potensi Porogen NaCl dalam Pembentukan Pori <i>Beads</i>	21
2.7 Karakterisasi	22
2.7.1 Analisa Kualitatif Ekstrak Selulosa	22
2.7.1 Daya <i>Swelling</i>	23
2.7.2 Karakterisasi Gugus Fungsi Menggunakan <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR)	23
2.7.3 Karakterisasi Bentuk Permukaan <i>Beads</i> Menggunakan <i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersion X-ray</i> (SEM-EDX)..	25
2.7.4 Analisis Porositas <i>Beads</i>	26
BAB III METODOLOGI	27
3.1 Pelaksanaan Penelitian	27
3.2 Alat dan Bahan	27
3.2.1 Alat	27
3.2.2 Bahan	27
3.3 Rancangan Penelitian	27
3.4 Tahapan Penelitian	28
3.5 Cara Kerja	28

3.5.1 Preparasi Sampel.....	28
3.5.2 Ekstraksi Selulosa dari Batang Jagung	28
3.5.3 Pembuatan Selulosa Xantat	29
3.5.4 Penentuan Konsentrasi Terbaik dari Variasi Porogen NaCl dalam Pembentukan Pori <i>Beads</i>	29
3.5.5 Karakterisasi	30
3.5.5.1 Analisa Kualitatif Ekstrak Selulosa.....	30
3.5.5.2 Uji <i>Swelling Beads</i>	30
3.5.5.3 Analisis Gugus Fungsi	30
3.5.5.4 Analisis Morfologi Permukaan.....	30
3.5.5.5 Analisis Porositas <i>Beads</i>	31
3.5.6 Analisis Data	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Preparasi Sampel.....	34
4.2 Ekstraksi Selulosa dan Pembuatan Selulosa Xantat.....	34
4.3 Konsentrasi Terbaik NaCl dalam Pembuatan Pori <i>Beads</i>	37
4.4 Karakterisasi Gugus Fungsi pada <i>Beads</i> Alginat Selulosa Xantat...	41
4.5 Karakterisasi Morfologi dan Permukaan <i>Beads</i> Alginat Selulosa Xantat	44
4.6 Pemanfaatan Batang Jagung sebagai Selulosa <i>Beads</i> dalam Perspektif Islam.....	47
BAB V PENUTUP	54
5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	61

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil homogenitas uji Beda Nyata Jujur (BNJ) atau <i>Tukey</i>	41
Tabel 4.2 Data bilangan gelombang (cm^{-1}) spektrum IR serbuk batang jagung, selulosa hidrolisis, selulosa xantat Ibeads tanpa porogen, dan <i>beads</i> NaCl 1,5 gram.....	43
Tabel 4.3 Kandungan unsur pada <i>beads</i> NaCl 1,5 gram	46



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bentuk fisik batang jagung.....	9
Gambar 2.2	Struktur molekul selulosa.....	11
Gambar 2.3	Struktur molekul hemiselulosa.....	12
Gambar 2.4	Reaksi pemutusan ikatan antara lignin dan selulosa menggunakan NaOH	13
Gambar 2.5	Rumus struktur dari selulosa xantat	15
Gambar 2.6	Struktur molekul alginat mengandung (a) residu asam guluronat (blok G), (b) residu asam manuronat (blok M), dan (c) residu asam guluronat dan asam manuronat (blok GM)	17
Gambar 2.7	a) Reaksi ikat silang antara alginat dengan ion zink, (b) interaksi antara rantai selulosa xantat dan alginat yang beteaksi dengan ion zink)	19
Gambar 2.8	Mekanisme pembentukan pori NaCl dengan teknik pencucian partikel (<i>particle-leaching</i>)	22
Gambar 2.9	Spektra IR selulosa hasil ekstraksi, selulosa xantat, <i>beads</i> dengan CXA-1, <i>beads</i> dengan CXA-2, dan <i>beads</i> dengan CXA-3	24
Gambar 2.10	Bentuk permukaan <i>beads</i> alginat (a) dengan penambahan, dan (b) tanpa penambahan NaCl.....	25
Gambar 2.11	Bentuk permukaan membran <i>polylactide</i> dan <i>polysulfone</i> setelah penambahan 0,5 gram NaCl (a) tampak atas (b) tampak samping.....	26
Gambar 4.1	(a) Batang jagung sebelum dikeringkan dan (b) serbuk setelah pengeringan, penggilingan, dan pengayakan.....	34
Gambar 4.2	(a) larutan setelah proses delignifikasi dan (b) selulosa hasil delignifikasi	35
Gambar 4.3	Hasil ekstrak selulosa (a) setelah <i>bleaching</i> , dan (b) hidrolisis.....	36
Gambar 4.4	Reaksi pembuatan selulosa xantat.....	37
Gambar 4.5	(a) alkali selulosa, dan (b) selulosa xantat.....	37
Gambar 4.6	(a) Proses pembentukan <i>beads</i> , (b) <i>beads</i> basah setelah penyaringan, dan (c) <i>beads</i> kering.....	38
Gambar 4.7	Grafik daya <i>swelling Beads</i> Alginat Selulosa Xantat pada dengan perendaman selama 3 jam	39
Gambar 4.8	Grafik daya <i>swelling Beads</i> Alginat Selulosa Xantat pada dengan perendaman selama 9 jam	39
Gambar 4.9	Grafik daya <i>swelling Beads</i> Alginat Selulosa Xantat pada dengan perendaman selama 12 jam	40
Gambar 4.10	Grafik daya <i>swelling Beads</i> Alginat Selulosa Xantat pada dengan perendaman selama 24 jam	40
Gambar 4.11	Spektra IR (a) serbuk batang jagung, (b) selulosa setelah hidrolisis, (c) selulosa xantat, dan (d) <i>beads</i> alginat-selulosa xantat tanpa porogen, dan (e) <i>beads</i> alginat-selulosa xantat NaCl 1,5 gram	42
Gambar 4.12	Bentuk morfologi pada (a) <i>beads</i> NaCl 1,5 gram perbesaran 500x (b) <i>beads</i> NaCl 1,5 gram perbesaran 15.000, (c) <i>beads</i>	

tanpa porogen perbesaran 500x, dan (d) <i>beads</i> tanpa porogen perbesaran 15.000x.....	45
Gambar 4.13 Grafik porositas <i>beads</i> alginate-selulosa xantat	46



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I	Rancangan Penelitian	61
Lampiran II	Skema Kerja	62
Lampiran III	Preparasi Larutan	66
Lampiran IV	Perhitungan	69
Lampiran V	Spektrum IR	73
Lampiran VI	Hasil Uji Homogenitas dan Beda Nyata Jujur (BNJ) atau <i>Tukey</i> Penambahan Berat dan <i>Daya Swelling</i> pada <i>Beads</i> menggunakan ANOVA SPSS	76
Lampiran VII	Hasil Uji Homogenitas dan Beda Nyata Jujur (BNJ) atau <i>Tukey</i> Porositas pada <i>Beads</i> menggunakan ANOVA SPSS	82
Lampiran VIII	Hasil Uji Morfologi <i>Beads</i> Menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM-EDX).....	85



ABSTRAK

Hidayah, C.N. 2019. **Sintesis Dan Karakterisasi *Beads* Alginat-Selulosa Xantat dari Batang Jagung dengan Variasi Porogen NaCl**. Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Eny Yulianti, M.Si., Pembimbing II: M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I., Konsultan: Lilik Miftahul Khoiroh, M.Si.

Kata Kunci: alginat-selulosa xantat, *beads*, batang jagung, NaCl

Alginat dan selulosa merupakan polimer alam yang bersifat *biodegradable*. Selulosa dapat diturunkan sebagai selulosa xantat yang berpotensi sebagai pembentukan selulosa *beads*. Pada penelitian ini pembuatan *beads* alginat-selulosa xantat dilakukan variasi porogen NaCl yaitu 0; 0,5; 1; dan 1,5 gram. *Beads* dibuat menggunakan metode gelasi ionik dan dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), kemampuan mengembang dengan uji *swelling*, morfologi permukaan dengan Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersion X-Ray (SEM-EDX), dan porositas *beads*. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa penambahan NaCl didapatkan nilai tertinggi pada *beads* porogen NaCl 1,5 gram, berdasarkan nilai *swelling* sebesar 82,47 % yang ditandai dengan munculnya gugus Zn^{2+} pada spektrum IR. Morfologi permukaan didapat permukaan yang halus dan sedikit terdapat cekungan. Nilai Porositas tertinggi didapat pada konsentrasi 1,5 gram dengan nilai sebesar 66,67%.

ABSTRACT

Hidayah, C.N. 2019. **Syntesis and Charakterization Alginate-Cellulose Xanthate Beads from Corn Stalk with NaCl Porogen Variation**. Chemistry Department, Faculty of Sains and Technology, State Islamic University Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor I: Eny Yulianti, M.Si., Supervisor II: M. Mukhlis Fachruddin, M.S.I., Consultant: Lilik Miftahul Khoiroh, M.Si

Keywords: Alginate-cellulose xanthate, *beads*, corn stalk, NaCl

Alginate and cellulose are biodegradable natural polymers. Cellulose can be derived as cellulose xanthate which has the potential to form cellulose beads. Synthesis of alginate-cellulose xanthate beads was carried out by NaCl porogen variations, which are 0; 0.5; 1; and 1.5 grams. Syntesis *beads* alginate-cellulose xanthate using ionic gelation method and characterized using swelling ability with swelling test, Fourier Transform Infra Red (FTIR), surface morphology with Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersion X-Ray (SEM-EDX), and beads porosity. The result of characterization showed that adding NaCl was obtained in porogen beads 1.5 gram NaCl, based on the swelling value of 82.47% which was indicated by the appearance of Zn^{2+} groups in the IR spectrum. Surface morphology is obtained with a smooth surface and a few basins. And the highest porosity was obtained at a concentration of 1.5 grams with a value of 66.67%.

المستخلص

هداية، ج. ن. 2019 . التوليف والتوصيف *Beads Alginat selulosa Xantat*. من جدد الذرة بنوع *NaCl Porogen*. قسم الكيمياء كلية العلوم والتكنولوجيا بجامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. مشرفة أولى: إيني يوليانتى الماجستير.، مشرف ثاني: محمد مخلص فحر الدين الماجستير.، مستشارة: ليليك مفتاح الخيرة الماجستير.

الكلمات الرئيسية: الجينات- السليلوز Xantat، الخرز، كورنستالك، NaCl

الجينات والسيليلوز هي بوليمرات طبيعية قابلة للتحلل. يمكن استخلاص السليلوز كمادة زليلوز السليلوز التي لديها القدرة على تشكيل خرز السليلوز. في هذه الدراسة، تم إنتاج خلاصات xantat الجينات - أليلت بواسطة اختلافات بوروغين NaCl، أي ٠،٥؛ ١،٥؛ و ١،٥ غرام. تم صنع الخرز باستخدام طريقة الهلام الأيونية وتميز باستخدام تقنية فورييه للتحويل ب (FTIR) Fourier Transform Infra Red، والقدرة على الانتفاخ مع اختبار التورم، والتشكل السطحي مع Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersion X-Ray (SEM-EDX) ومسامية الخرز. أظهرت نتائج التوصيف أنه تم الحصول على أفضل تركيز في حبيبات بروجينية ١،٥ غرام كلوريد الصوديوم، استناداً إلى أعلى قيمة تورم % ٨٢٠٤٧ والتي أشارت إلى ظهور مجموعات Zn^{2+} في طيف الأشعة تحت الحمراء. يتم الحصول على مورفولوجيا السطح مع سطح أملس وعدد قليل من الأحواض. وتم الحصول على أعلى نسبة مسامية بتركيز ١،٥ جرام مع قيمة % ٦٦٠٦٧.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jagung (*Zea mays L.*) merupakan salah satu tanaman di Indonesia yang memiliki nilai produksi semakin meningkat dari tiap tahunnya. Berdasarkan data BPS (2015), bahwa pada tahun 2005-2015 Indonesia telah berhasil memproduksi tanaman jagung dengan luas panen sebesar 3,997 juta ha, dengan prosentase 49,85% berada di wilayah Jawa. Tingginya hasil produksi, sehingga dapat menghasilkan limbah yang tinggi juga. Batang merupakan salah satu bagian dari limbah jagung yang dapat dimanfaatkan. Potensi batang jagung, umumnya dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak, bahan pembuatan *pulp* dan kertas, sedangkan pemanfaatan di bidang industri kimia, seperti adsorben, pengembangan obat, zat aditif makanan, maupun di bidang yang lain, masih sangat sedikit dilakukan.

Allah SWT. berfirman bahwa penciptaan langit dan bumi, bahkan yang berada diantaranya (makhluk) tidak dengan sia-sia, agar beribadah dalam meng-Esa-kan-Nya. Memanfaatkan limbah batang jagung merupakan salah satu cerminan suatu bentuk perenungan dalam mempelajari tentang limbah pertanian, karena limbah sering dianggap sebagai sesuatu yang tidak berguna dan berdampak negatif terhadap lingkungan dan alam, namun dengan penelitian ini, dapat membuktikan bahwa limbah pertanian dapat dimanfaatkan sebagai selulosa *beads*. Penjelasan ini didasarkan pada surat Ash Shad ayat 27:

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا بَاطِلًا ذَلِكَ ظَنُّ الَّذِينَ كَفَرُوا فَوَيْلٌ لِلَّذِينَ كَفَرُوا مِنَ النَّارِ

“Dan Kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada antara keduanya tanpa hikmah. Yang demikian itu adalah anggapan orang-orang kafir, maka celakalah orang-orang kafir itu karena mereka akan masuk neraka.”

Lafadz *baathilaan* dapat berarti *sia-sia tanpa tujuan*. Menurut Shihab (2003) lafadz *baathilaan* ditujukan pada penciptaan alam ini tidak secara sia-sia tanpa arah, melainkan dengan maksud yang benar. Tujuannya, agar manusia diberi ganjaran balasan atas amal perbuatannya. Salah satunya yaitu memanfaatkan batang jagung tersebut untuk diambil bagian selulosanya. Menurut Sarkar (2012), batang jagung memiliki kandungan selulosa sebesar 42,6%, 8,2% lignin, dan 21,3% hemiselulosa, sehingga, selulosa dapat menjadi alternatif dalam pemanfaatan batang jagung.

Selulosa merupakan salah satu polimer yang berada di dalam batang jagung dengan ketersediaan yang melimpah di alam. Keberadaan selulosa dapat mencapai milyaran ton untuk setiap tahunnya (Klemm, 1998). Umumnya, pemanfaatan selulosa dapat dijadikan sebagai material produk industri kertas, industri pangan, farmasi, maupun kimia. Secara fisika dan kimianya, selulosa dapat diaplikasikan berdasarkan masing-masing turunannya. Menurut Ganstrom (2009), turunan selulosa dapat berupa selulosa asetat, selulosa xantat, *ataupun* selulosa nitrat. Banyaknya produksi yang dihasilkan dari selulosa xantat, juga mengalami reaksi yang lebih cepat karena tanpa mengalami isolasi. Menurut Gericke, dkk. (2013), selulosa xantat memiliki sifat tidak mudah terbakar dan kristalinitas lebih tinggi. Semakin besar kristalinitas dapat meningkatkan kekakuan *beads* yang dihasilkan dan mudah dibentuk (Puspitasari, 2017), sehingga selulosa xantat dapat digunakan sebagai prekursor dalam pembuatan selulosa *beads*.

Menurut Swatloski, dkk. (2002), selulosa xantat dapat diproduksi dengan mereaksikan antara selulosa alami dengan natrium karbon disulfida (CS_2) menggunakan pelarut NaOH. Dalam penelitian Haroen dan Wintara (2008) dan Wang, dkk., (2013), digunakan pelarut NaOH 8% dan 6% pada regenerasi selulosa dari serbuk kayu dihasilkan viskositas yang lebih tinggi pada konsentrasi 6%, selain itu, penelitian Puspitasari (2017), juga menunjukkan bahwa digunakannya pelarut NaOH 6% didapatkan viskositas yang paling optimum, sehingga dalam penelitian ini digunakan pelarut NaOH 6%.

Selulosa *beads* dapat dimanfaatkan dalam berbagai produk, diantaranya sebagai *drug delivery*, adsorben, dan media tanam. Aplikasi *beads* dapat diketahui berdasarkan kemampuan daya adsorpsinya. Menurut Sonmez, dkk., (2016), daya adsorpsi *beads* dapat dipengaruhi oleh komposisi selulosa dalam pembuatan *beads* alginat-selulosa. Peningkatan daya adsorpsi tersebut, meningkat dari 68% menjadi 80% dengan komposisi alginat:selulosa sebesar 3%:10% menjadi 3%:25%, sedangkan *beads* alginat tanpa selulosa hanya dapat mengadsorpsi sebesar 19%.

Menurut Puspitasari (2017), menggunakan komposisi alginat:selulosa 2:0; 1:1; 1:3; 1:8; dan 1:15. *Beads* dengan komposisi 1:8 dan 1:15 tidak dapat terbentuk *beads*, sedangkan pada komposisi alginat:selulosa 2:0; 1:1, dan 1:3 terbentuk *beads* dengan nilai daya *swelling* tertinggi pada komposisi 1:3 dengan perendaman 24 jam, sehingga dalam penelitian ini dilakukan penambahan alginat pada pembentukan *beads* selulosa xantat dengan komposisi alginat:selulosa 1:3.

Daya adsorpsi dapat ditingkatkan dengan adanya penambahan agen pembentuk pori (porogen). Menurut Mane, dkk., (2016), karakteristik porogen

yang digunakan harus memiliki titik didih yang lebih tinggi dan tidak bereaksi secara kimiawi (*inert*). Menurut Chao, dkk. (2006) dan Zhou, dkk. (2008), porogen yang dapat digunakan diantaranya adalah NaCl, KCl, NaHCO₃, Na₂SO₄, CaCO₃, dan K₂HPO₄. Menurut Zhou, dkk. (2008) dan Choi, dkk. (2002), penggunaan porogen NaCl dapat menghasilkan pori yang lebih kecil dibandingkan pada penggunaan NaHCO₃, dan CaCO₃, hal ini disebabkan karena pada NaHCO₃ lebih cepat membentuk CO₂ ketika direaksikan dengan HCl.

Pembentukan *beads* dapat menggunakan beberapa metode, salah satunya adalah metode gelas ionik. Metode ini dinilai sebagai metode yang paling sederhana, murah, dan mudah dikontrol. Menurut Swarbrick (2007), metode gelas ionik melibatkan pembentukan ikatan saling silang antara polielektrolit dengan ion multivalennya untuk memperkuat kekuatan mekanis dari partikel yang terbentuk. Metode gelas ionik melibatkan agen penaut silang atau *crosslinking agent* yang dapat berupa ion divalen, diantaranya yaitu Ca²⁺ dan Zn²⁺.

Menurut Sonmez, dkk. (2016), daya adsorpsi pada zink asetat lebih besar dibandingkan kalsium klorida, yaitu sebesar 80%, sedangkan pada Ca²⁺ hanya sebesar 14% pada adsorpsi logam berat. Hal ini dipengaruhi adanya ikatan ionik pada zink asetat dengan alginat, serta lebih besarnya keelektronegatifan Zn²⁺ dibandingkan dengan Ca²⁺. Dalam penelitian ini digunakan larutan zink asetat 5%, karena menurut Febrianisa (2012), menggunakan variasi zink asetat 3%, 4%, dan 5%, dimana pada konsentrasi 5% dapat dihasilkan *beads* yang bulat, lebih keras, dan tidak lengket. Menurut Ayuningtyas (2012), digunakannya zink asetat 3%, 5%, dan 10% sebagai penaut silang, pada penggunaan konsentrasi 5% dan 10% dapat dihasilkan *beads* yang bulat, sedangkan konsentrasi 10% memiliki

hasil yang lebih kaku. Hal ini dikarenakan semakin banyak jumlah zink yang terikat pada polimer, maka semakin besar tautan silang yang terjadi dalam bentuk *beads* semakin bulat. Penaut silang dapat berpengaruh terhadap daya adsorpsi. Akan tetapi, dalam penelitian Abror (2015), penggunaan konsentrasi penaut silang yang semakin tinggi juga dapat mengakibatkan nilai kristalinitas yang semakin tinggi, dimana dengan tingginya nilai kristalinitas *beads* maka kemampuan adsorpsinya semakin rendah.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perlu dilakukan penelitian pada sintesis *beads* alginat-selulosa xantat. Pada penelitian ini melakukan ekstraksi batang jagung untuk menghilangkan senyawa non-selulosa dan pembentukan selulosa xantat. Selulosa xantat yang diperoleh dikomposisikan dengan alginat sebagai bahan dalam pembuatan *beads*. Untuk mengetahui daya *swelling* pada pembentukan *beads* maka dilakukan variasi porogen, yaitu 0; 0,5; 1; dan 1,5 gram NaCl. Selanjutnya diidentifikasi berdasarkan gugus fungsi menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), daya *swelling*, bentuk permukaan menggunakan *Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X-Ray* (SEM EDX) dan porositas *beads*. Daya *swelling* dilakukan untuk mengetahui kemampuan *beads* dalam mengadsorpsi senyawa, dan analisis porositas untuk menentukan ukuran pori *beads*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat dirumuskan permasalahan yaitu :

1. Bagaimana pengaruh penambahan porogen NaCl terhadap daya *swelling beads* alginat-selulosa xantat?
2. Bagaimana karakter *beads* alginat-selulosa xantat berdasarkan analisis FTIR?
3. Bagaimana karakterisasi morfologi permukaan berdasarkan analisis SEM-EDX dan porositas dari *beads* alginat selulosa xantat optimum?

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan porogen NaCl terhadap daya *swelling beads* alginat-selulosa xantat.
2. Untuk mengetahui karakter *beads* alginat-selulosa xantat berdasarkan analisis FTIR.
3. Untuk mengetahui karakterisasi bentuk permukaan berdasarkan analisis SEM-EDX dan porositas dari *beads* alginat-selulosa xantat optimum.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi dengan :

1. Batang jagung yang digunakan adalah batang jagung berasal dari daerah Tumpang, Kabupaten Malang.
2. Komposisi alginat:selulosa yang digunakan adalah 1:3.
3. Reagen dalam pembuatan *beads* selulosa xantat berupa CS₂.
4. Agen *crosslinking* berupa zink asetat (C₄H₆O₄Zn).
5. *Beads* optimum didasarkan pada daya *swelling* terbaik dan memiliki intensitas yang tinggi pada hasil analisis FTIR.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini, diharapkan:

1. Dapat meminimalisir dampak pembuangan limbah batang jagung.
2. Dapat memberikan informasi tentang modifikasi turunan selulosa dari batang jagung.
3. Dapat memberikan informasi mengenai proses pembuatan batang jagung dijadikan sebagai selulosa *beads*.
4. Dapat dijadikan sebagai alternatif mengenai metode pembuatan *beads*.
5. Dapat dijadikan sebagai sumber kajian literasi dalam mengembangkan aplikasi *beads*.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Batang Jagung sebagai Sumber Biopolimer

Biopolimer atau polimer alam merupakan salah satu dari macam polimer, molekul besar yang tersusun atas monomer-monomer yang terhubung antar satu sama lain dan terdapat pada makhluk hidup (Suyanto, 2015). Salah satu sumber biopolimer adalah batang jagung, yaitu limbah padat yang berasal dari limbah pertanian.

Allah SWT. berfirman dalam surat Asy-Syuara ayat 7:

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمَا أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ

”Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu pelbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?”

Ayat di atas menunjukkan bahwa tanaman yang subur karena adanya aliran air hujan menuju ke tanah. Tanaman yang subur atau baik merupakan tanaman yang memiliki nilai manfaat yang tinggi, baik pada batang, daun, biji, maupun akar (Ad-Dimasyqi, 2005). Salah satu tanaman tersebut adalah jagung. Selain bijinya yang manis, batang jagung juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan dalam pembuatan selulosa *beads*.

Pemanfaatan batang jagung dilakukan juga karena untuk mengurangi limbah pertanian yang akan berdampak pada lingkungan. Limbah pertanian semakin lama semakin menumpuk dan dapat mengganggu kenyamanan lingkungan, jika tidak

dilakukan penanggulangan maupun pemanfaatan. Firman-Nya yang berbunyi dalam surat Al-Baqarah ayat 30:

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلَائِكَةِ إِنِّي جَاعِلٌ فِي الْأَرْضِ خَلِيفَةً ۖ قَالُوا أَتَجْعَلُ فِيهَا مَنْ يُفْسِدُ فِيهَا وَيَسْفِكُ الدِّمَاءَ وَنَحْنُ نُسَبِّحُ بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ ۗ قَالَ إِنِّي أَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُونَ

“Ingatlah ketika Tuhanmu berfirman kepada Para Malaikat, "Sesungguhnya Aku hendak menjadikan seorang khalifah di bumi." Mereka berkata, "Apakah Engkau hendak menjadikan orang yang merusak dan menumpahkan darah di sana, sedangkan kami bertasbih memuji-Mu dan menyucikan namaMu?" Dia berfirman, "Sesungguhnya aku mengetahui apa yang tidak kamu ketahui."

Menurut Shihab (2000) menyebutkan, bahwa telah diciptakannya bumi dan menghidupkan manusia untuk menempatinnya. Allah SWT. telah memberikan nikmat kepada manusia untuk membangun bumi. Dan ditambahkan pengetahuan agar selalu mengingat dan menjaga atas nikmat yang telah diberikan. Menjaga, merawat, dan melestarikan maupun mengembangkan hasil kekayaan bumi yang ada, sebagaimana dalam pemanfaatan limbah batang jagung berikut.



Gambar 2.1 Bentuk fisik batang jagung (Agriawan, 2013)

Batang jagung umumnya memiliki 21,3 % hemiselulosa, 8,2 % lignin, dan 42,6 % selulosa (Sarkar, 2012). Tingginya kadar selulosa yang dimiliki dari

batang jagung, kelimpahan tersebut sangat berpotensi dalam pemanfaatannya. Menurut data BPS (2015), bahwa pada tahun 2005-2015 Indonesia telah berhasil memproduksi tanaman jagung dengan luas panen sebesar 3,997 juta ha, dengan prosentase 49,85% berada di wilayah Jawa. Bentuk fisik batang jagung dapat ditunjukkan pada Gambar 2.1.

Banyaknya hasil panen kekayaan bumi, tak lain hanya menggunakan dan memanfaatkannya, namun juga mensyukurinya. Sebagaimana firman Allah SWT. dalam surat Al Anfal ayat 2:

إِنَّمَا الْمُؤْمِنُونَ الَّذِينَ إِذَا ذُكِرَ اللَّهُ وَجِلَّتْ قُلُوبُهُمْ وَإِذَا تُلِيَتْ عَلَيْهِمْ آيَاتُهُ زَادَتْهُمْ إِيمَانًا وَعَلَىٰ رَبِّهِمْ يَتَوَكَّلُونَ

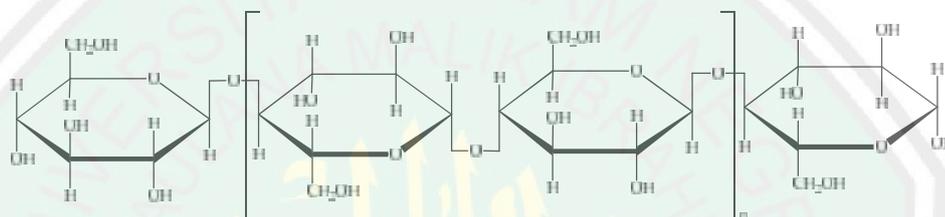
“Sesungguhnya orang-orang yang beriman ialah mereka yang bila disebut nama Allah gemetarlah hati mereka, dan apabila dibacakan ayat-ayat-Nya bertambahlah iman mereka (karenanya), dan hanya kepada Tuhanlah mereka bertawakkal.”

Ayat di atas menjelaskan, bahwa sesungguhnya semakin bergetar hati seseorang saat mendengar ayat-ayat Allah dibacakan. Semakin takut dan tunduk akan ciptaan-Nya, semakin meningkatkan keimanan seseorang. Sehingga, pada akhirnya, mereka tidak menyandarkan diri selain kepada Allah yang menciptakan, melindungi, dan memelihara mereka (Shihab, 2000). Pengembangan seperti halnya dalam penelitian ini, merupakan salah satu ungkapan rasa syukur serta menumbuhkan sikap rendah hati akan ciptaan-Nya.

2.2 Selulosa

Selulosa merupakan biopolimer yang diperoleh dalam dinding sel tanaman. Polimer ini tersusun atas glukosa dengan ikatan α -1,4 glukosida dalam rantai

lurus, tidak bercabang, bersifat sedikit kaku. Bangun dasar selulosa berupa selubiosa dengan dua dimer glukosa. Rantai panjang selulosa dihubungkan oleh ikatan hidrogen secara kuat membentuk mikrofibril. Kekuatan ini menyebabkan, mikrofibril yang berikatan menjadi matriks karbohidrat dan bekerjasama dalam meningkatkan kekakuan dinding sel tumbuhan (Perez dkk., 2002). Rumus molekul Selulosa adalah $(C_6H_{10}O_5)_n$, dimana n merupakan jenis unit ulang dari senyawa tersebut. Struktur molekul selulosa dapat ditunjukkan pada Gambar 2.2.



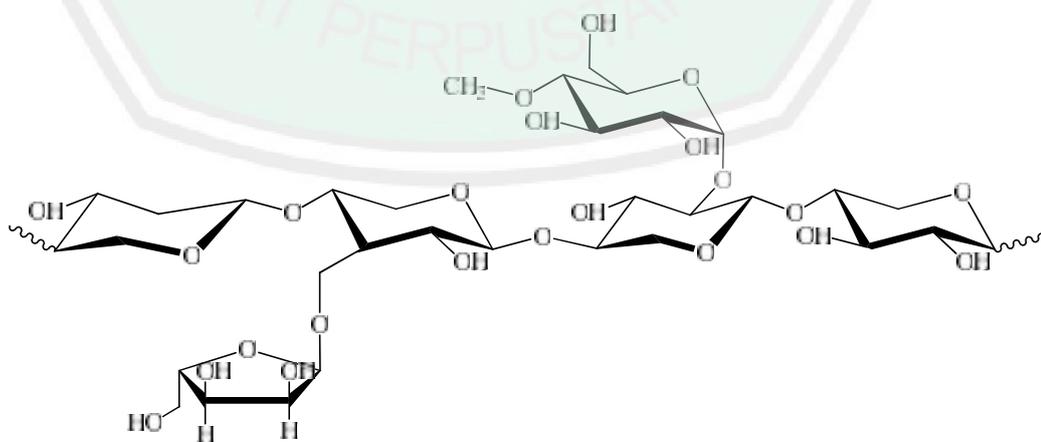
Gambar 2.2 Struktur molekul selulosa (Olsson dan Wesman,2013 dalam Lucia dan Ayoub, 2018)

Secara kimia, selulosa memiliki kelarutan dalam air yang tinggi. Besarnya tingkat kelarutan selulosa dalam air disebabkan karena banyaknya kandungan gugus hidroksil yang dapat membentuk ikatan hidrogen dengan air. Akan tetapi, pada kenyataannya selulosa tidak larut dalam air dan juga dalam pelarut organik lainnya. Hal ini disebabkan karena tingginya gaya antar rantai akibat ikatan hidrogen pada gugus hidroksil yang berdekatan, sehingga dapat menyebabkan kristalinitas yang tinggi. Menurut Ganstrom (2009), turunan selulosa dapat berupa selulosa asetat, selulosa xantat, ataupun selulosa nitrat.

2.3 Ekstraksi dan Hidrolisis Selulosa dari Batang Jagung

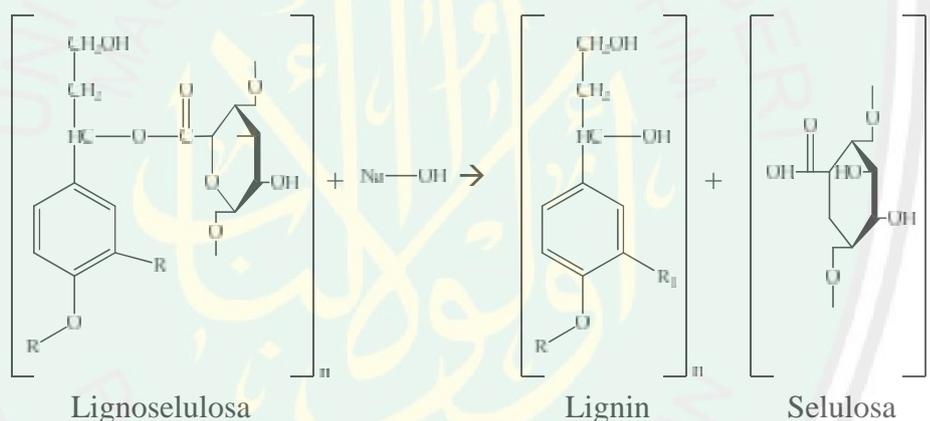
Ekstraksi selulosa merupakan pemisahan molekul selulosa dari senyawa lainnya, seperti lignin, hemiselulosa, dan senyawa lainnya. Lignin merupakan

senyawa kompleks yang berperan dalam mengikat antar sel dalam dinding sel. Sementara lignin yang berada di dalam dinding sel sangat erat hubungannya dengan selulosa (Perez, dkk, 2002). Lignin merupakan senyawa polimer yang tersusun dari tiga unit fenil propana melalui ikatan eter (C-O-C) dan ikatan karbon (C-C), yaitu alkohol kumaril, alkohol koniferil dan alkohol sinapil. Ketiga senyawa tersebut tersusun membentuk polimer lignin yang tidak beraturan (amorf), sehingga dapat menyebabkan proses degradasi yang kompleks. Lignin memiliki berat molekul antara 1000 hingga 20.000 (Octavia, 2008). Menurut Perez, dkk. (2002), lignin juga sangat erat hubungannya dengan hemiselulosa dalam membentuk dinding sel. Hemiselulosa merupakan polisakarida 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, serta memiliki rantai polimer yang pendek. Hemiselulosa berfungsi dalam mempercepat pembentukan, sehingga hilangnya hemiselulosa dapat mengakibatkan terbentuknya lubang antar fibril dan semakin berkurangnya ikatan antar serat (McDonald, dkk., 2002). Adapun struktur hemiselulosa dapat ditunjukkan ada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Struktur molekul hemiselulosa (Bernardi, dkk., 2016)

Menurut Putra (2012), hemiselulosa lebih larut dalam alkali encer daripada air. Suatu proses penghilangan lignin maupun senyawa non-selulosa pada material berlignoselulosa disebut delignifikasi. Proses pemisahan selulosa dari senyawa lainnya dapat menggunakan pelarut seperti, NH_4OH , KOH , dan NaOH (Rika, 2012). Menurut Sun, dkk. (2004), digunakannya pelarut alkali NaOH dapat melarutkan lignin sekaligus hemiselulosa. Larutan alkali NaOH pada polimer tersebut akan mendegradasi lignin akibat transfer ion hidrogen dari gugus hidroksil pada lignin ke ion hidroksil NaOH . Berikut reaksi degradasi lignin dengan pelarut NaOH , ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Reaksi pemutusan ikatan antara lignin dan selulosa menggunakan NaOH (Safaria, 2013)

Menurut Buranov (2008), pemutusan ikatan lignin terjadi akibat terikatnya lignin pada karbohidrat melalui asam fenolik dengan ikatan eter dan asam fenolik terikat pada karbohidrat dengan ikatan ester, yang disebut dengan lignin/fenolik-karbohidrat. Ikatan ester pada kompleks lignoselulosa bersifat lemah akibat basa NaOH , dimana ion OH^- akan memutuskan ikatan ester, sedangkan ion Na^+ berikatan dengan gugus fenolik yang terputus, membentuk garam sehingga mudah larut dalam air dan lignin ikut larut.

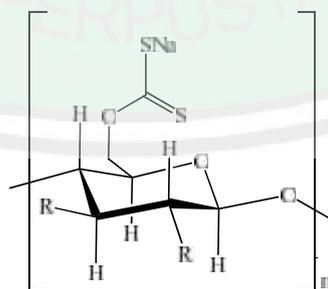
Menurut Puspitasari (2017), pada delignifikasi masih dihasilkan ekstrak yang berwarna kecoklatan sehingga perlu dilakukan proses pemutihan (*bleaching*). Zat pemutih berfungsi untuk menghilangkan dan mendegradasi lignin (warna). Berdasarkan Putra (2012), zat pemutih yang dapat digunakan antara lain sodium klorit (NaClO_2), kaporit (CaOCl_2), natrium peroksida (Na_2O_2), dan HCl.

Menurut Putra (2012), zat pemutih NaClO_2 pada ekstraksi enceng gondok memiliki kemampuan *bleaching* yang lebih efektif dibandingkan H_2O_2 dan HCl, yaitu dapat melarutkan kadar hemiselulosa sebesar 0,113%. Pada H_2O_2 dapat melarutkan hemiselulosa sebesar 0,062% dan pada HCl 0,087%. Kelarutan hemiselulosa, klorinat, dan lignin akan meningkatkan tingkat *brightness* pada sampel yang dihasilkan, sehingga digunakan agen *bleaching* NaClO_2 .

Hidrolisis selulosa merupakan proses depolimerisasi yang menghasilkan mikrokristal selulosa. Mikrokristal selulosa adalah selulosa dengan peningkatan kristalinitas, luas permukaan, dan biodegradasi (Berglund, dkk., 2010). Proses hidrolisis selulosa, salah satunya dapat dilakukan dengan pengasaman menggunakan larutan encer hingga menghasilkan produk berupa mikrokrisalin. Larutan asam yang digunakan dalam hidrolisis adalah asam klorida (HCl), asam sulfat (H_2SO_4), asam nitrat (HNO_3), dan asam perklorat (HClO_4). Pada penelitian ini, digunakan larutan encer HCl. Menurut Halim (1995), bahwa larutan encer HCl memiliki kereaktifan yang lebih baik dari asam-asam lainnya, seperti H_2SO_4 dan HNO_3 . Penelitian Suvachittanont dan Pookingdao (2013), dihasilkan peningkatan kristalinitas dari 71,13% menjadi 86,31%, yang diselingi dengan penurunan ukuran kristal dari 0,22 menjadi 0,15 pada hidrolisis serat selulosa dengan menggunakan larutan HCl 1 mmol/L dengan perbandingan 1:2.

2.4 Pembuatan Selulosa Xantat

Pembuatan komposit *beads* selulosa telah banyak dilakukan, seperti penggunaan selulosa dengan senyawa turunannya. Menurut Zugeinmer (2008) selulosa yang kebanyakan digunakan dalam pembuatan *beads* adalah xantat, *carboxymethyl cellulose*, selulosa asetat, dan selulosa nitrat. Menurut Gericke, dkk. (2013), rute pembuatan selulosa xantat lebih cepat karena reaksi tidak mengalami isolasi. Selulosa xantat juga memiliki kristalinitas yang lebih tinggi dan tidak mudah terbakar. Menurut Kim, dkk. (2006), modifikasi xantat dalam aplikasi sebagai adsorben memiliki kestabilan yang tinggi dalam menjerap logam karena afinitas dan kapasitas adsorpsinya yang tinggi, sehingga, dalam penelitian ini digunakan turunan selulosa xantat yang salah satunya dapat berpotensi sebagai adsorben. Xantat adalah garam asam *xanthic*, yang pada dasarnya adalah alkil asam ditiocarbonat dengan dua atom oksigen asam karbonat yang digantikan oleh sulfur dan satu atom hidrogen yang digantikan oleh gugus alkil (Harris, 1988). Menurut Swatloski, dkk. (2002), selulosa xantat diproduksi dengan mereaksikan antara selulosa alami dan natrium karbon disulfida (CS_2Na) menggunakan pelarut NaOH. Berikut rumus struktur dari selulosa xantat ditunjukkan pada gambar 2.5.

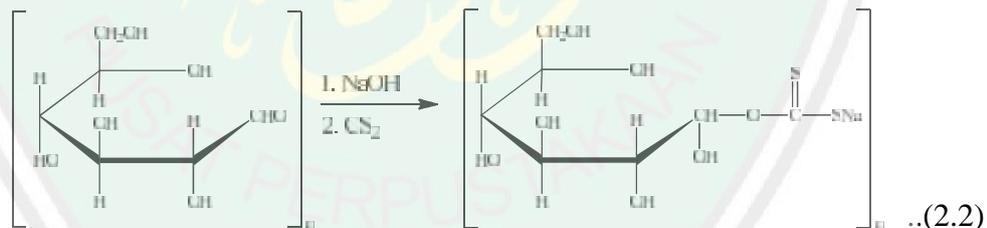


Gambar 2.5 Rumus struktur dari selulosa xantat (Ganstrom, 2009).

Dalam penelitian Haroen dan Wintara (2008), ekstraksi selulosa dari serbuk kayu dengan menggunakan NaOH 8 %, dihasilkan viskositas sebesar 0,006-0,01 Pa.s. Menurut Wang, dkk. (2013), regenerasi selulosa yang didapatkan dari penggunaan pelarut NaOH 6% dihasilkan viskositas sebesar 2,3-2,5 Pa.s, selain itu, penelitian Puspitasari (2017), juga menunjukkan bahwa digunakannya pelarut NaOH 4%, 6 %, dan 8% didapatkan viskositas tertinggi pada konsentrasi 6% yaitu sebesar 0,024 Pa.s. Reaksi antara monomer selulosa (glukosa) dengan NaOH adalah sebagai berikut.



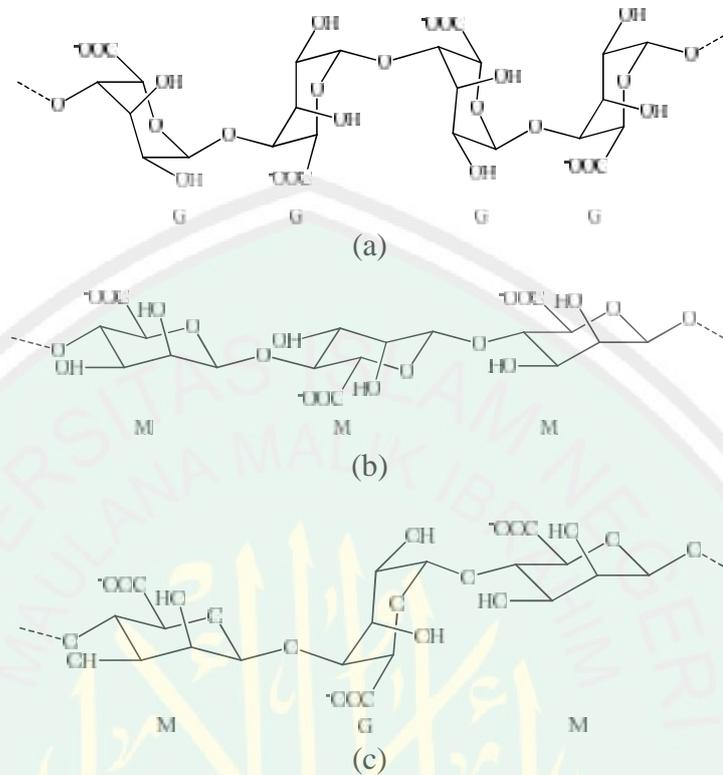
Gugus hidroksil (-OH) akan dicerna dalam larutan NaOH pekat untuk mengubah gugus -OH menjadi gugus ionik $-\text{O}^-\text{Na}^+$, kemudian direaksikan dengan karbon disulfida (CS_2) untuk membentuk senyawa xantat. Berikut hasil reaksi pembentukan senyawa xantat (Homagai, 2010).



2.5 Potensi Alginat sebagai *Beads*

Alginat merupakan polimer linier yang terdiri atas 1,4 -D-mannuronat dan -L-asam guluronat. Monomer ini disusun sebagai blok dalam rantai. Daerah homopolimer blok M dan blok G diselingi dengan daerah struktur bolak-balik

(blok MG) (Chan, dkk., 2001). Struktur alginat dapat ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Struktur molekul alginat mengandung (a) residu asam guluronat (blok G), (b) residu asam manuronat (blok M), dan (c) residu asam guluronat dan asam manuronat (blok GM) (Tonnesen dan Karlsen, 2002)

Menurut Sonmez, dkk. (2016), alginat memiliki kelebihan sebagai material yang *biodegradable*, keberadaannya melimpah, dan memiliki gugus karboksil, dimana gugus karboksil polimer dapat membentuk gel dan mampu berikatan dengan kation multivalennya. Alginat juga berperan dalam meningkatkan besar viskositas. Menurut Lee dan Mooney (2012), kandungan asam guluronat yang tinggi dapat meningkatkan struktur kaku dan porositas. Alginat terjadi ketika kation divalen berinteraksi secara ionik dengan blok residu

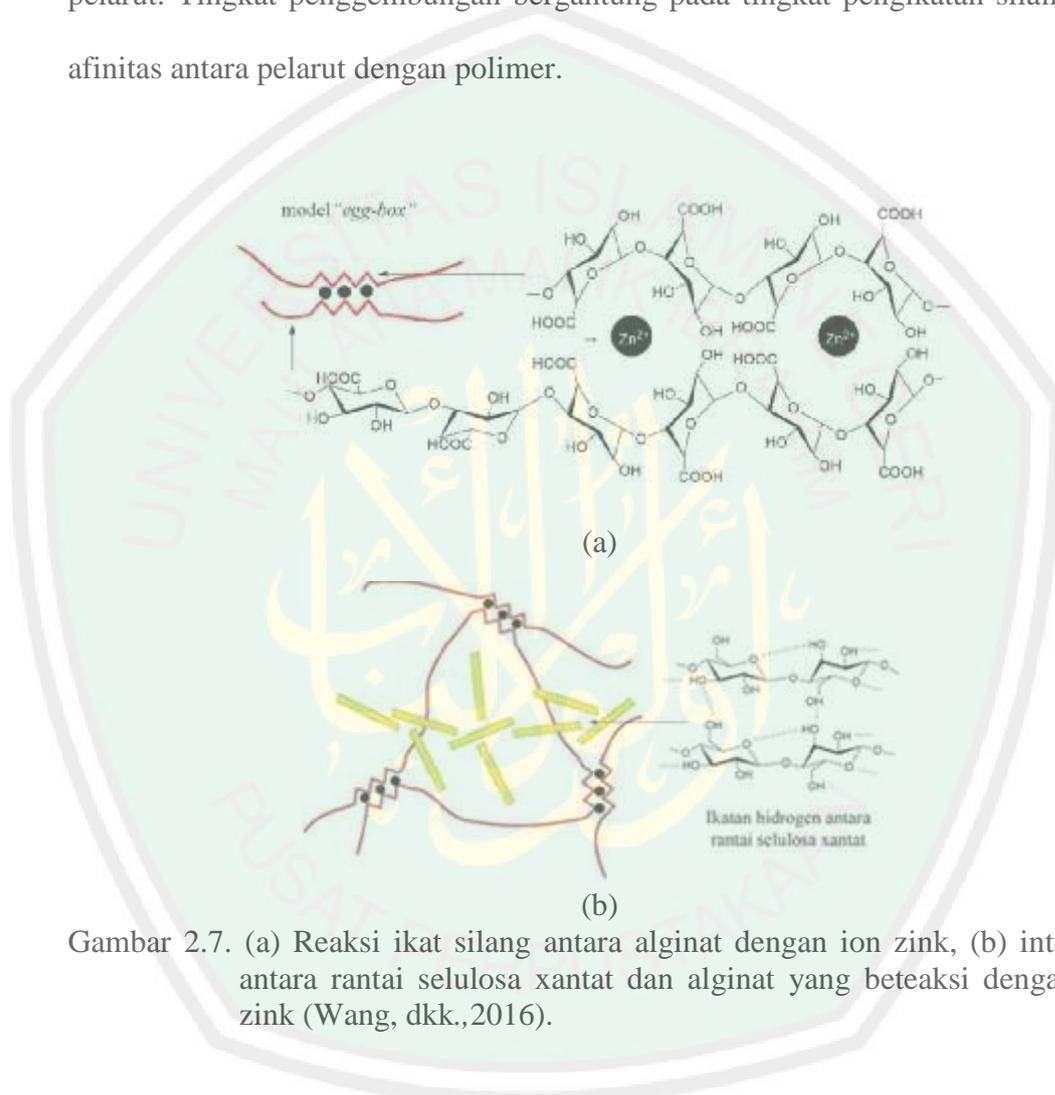
asam guluronat, menghasilkan pembentukan jaringan tiga dimensi yang digambarkan pada model “*egg box*” (Bajpai, dkk., 2004).

2.6 Metode Pembuatan *Beads* Alginat-Selulosa

Beads merupakan mikrokapsul berbentuk bulat yang dilapisi atau dienkapsulasi. Ukuran *beads* bervariasi, mulai dari 50 µm hingga 2 mm. *Beads* berbentuk tiga dimensi dan bersifat hidrofilik, dan polimer pembentuknya mampu menyerap sejumlah besar air dan senyawa target (Khazaeli dkk., 2008 dan Patil dkk., 2010). Menurut Ayuningtyas (2012), pemilihan metode pembuatan *beads* didasarkan pada ukuran partikel yang diinginkan, kestabilan kimia dan panas terhadap zat aktif, dan kestabilan hasil produk akhir. Jenis pembuatan *beads* dapat dilakukan melalui beberapa metode, yaitu pemisahan fase koaservasi, semprot kering dan pengeringan beku, suspensi udara, metode penguapan pelarut, dan metode gelasi ionik (Swarbick dan Boylan, 1995).

Metode gelasi ionik merupakan penggabungan ikatan silang rantai-rantai polimer dengan adanya ikatan ion yang berlawanan membentuk jaringan tiga dimensi yang kaku (hidrogel) (Patil, dkk., 2010 dan Ferdiaz, 1989). Metode gelasi ionik dinilai paling sederhana, murah, serta tidak membutuhkan perancangan alat dan teknik yang rumit (Swarbick, 2002). Pembuatan *beads* dengan metode gelasi ionik, polisakarida dilarutkan pada pelarut dan ditetaskan dalam larutan penaut silang (agen *crosslink*) dengan pengadukan konstan hingga terbentuk *hydrogel*, dan pada umumnya metode gelasi ionik pada pembuatan *beads* menggunakan teknik *dropping*.

Menurut Stevens (2007), ada 2 macam pembentukan ikatan silang, yaitu ikatan silang secara fisika dan kimia. Secara kimia, ikatan silang terjadi melalui ikatan kovalen ataupun ionik. Ikatan silang (*crosslink*) sangat berpengaruh terhadap derajat pengembangan (*swelling*), yang disebabkan karena adanya pelarut. Tingkat pengembangan bergantung pada tingkat pengikatan silang dan afinitas antara pelarut dengan polimer.



Gambar 2.7. (a) Reaksi ikat silang antara alginat dengan ion zink, (b) interaksi antara rantai selulosa xantat dan alginat yang beteaksi dengan ion zink (Wang, dkk.,2016).

Secara fisika, ikatan silang labil secara termal, yaitu ikatan yang putus oleh pemanasan dan mengikat kembali setelah pendinginan. Menurut Racovita (2009), agen *cross-link* yang dapat digunakan dalam metode gelasi ionik, adalah CaCl_2 , BaCl_2 , MgCl_2 , zink asetat, pirofosfat, tripolyfosfat, dan tetrapolyfosfat. Menurut Lin, dkk. (2012), pada tautan silang zink asetat, terbentuk gugus $-\text{COO}-$ alginat

dan -CO- selulosa yang bermuatan negatif dengan ion positif Zn^{2+} membentuk model "egg box".

Besar konsentrasi larutan *crosslink* juga dapat mempengaruhi dalam pembentukan *beads*. Menurut Febrianisa (2012) konsentrasi zink asetat 3%, 4%, dan 5% dapat dihasilkan *beads* yang bulat, lebih keras, dan tidak lengket pada penggunaan konsentrasi 5%. Menurut Ayuningtyas (2012), menggunakan larutan *crosslink* zink asetat 3%, 5%, dan 10% dalam pembuatan *beads*. Penggunaan larutan zink asetat 3% menunjukkan hasil *beads* dengan bentuk pipih, tidak bulat, dan saling menempel antar *beads*. Hasil penggunaan larutan zink asetat 5% dan 10%, menunjukkan bentuk bulat, akan tetapi jika dibandingkan dari keduanya, *beads* dengan penambahan zink asetat 10% menunjukkan hasil yang lebih bulat dan lebih kaku, serta *beads* tidak lengket. Hal ini dikarenakan semakin banyak jumlah zink yang terikat pada polimer, maka semakin besar tautan silang yang terjadi dalam bentuk *beads* semakin bulat. Akan tetapi, penggunaan konsentrasi penaut silang yang semakin tinggi juga dapat mengakibatkan nilai kristalinitas yang semakin tinggi, dimana dengan tingginya nilai kristalinitas *beads* maka kemampuan adsorpsinya yang semakin rendah.

Penelitian Abror (2015), menggunakan variasi konsentrasi agen *crosslinking* $CaCl_2$ 0.05 M; 0.10 M; 0.15 M; 0.20 M; dan 0.25 M terhadap efisiensi enkapsulasi dari pirasinamid terenkapsulasi kitosan-alginat, dihasilkan efisiensi penyerapan sebesar 94,344% pada $CaCl_2$ 0,15 M dan terendah pada penggunaan $CaCl_2$ 0,25 M yaitu 52,566%. Hal ini menunjukkan semakin besarnya konsentrasi dapat menurunkan porositas, sehingga pada penelitian ini digunakan agen penaut silang zink asetat 5%.

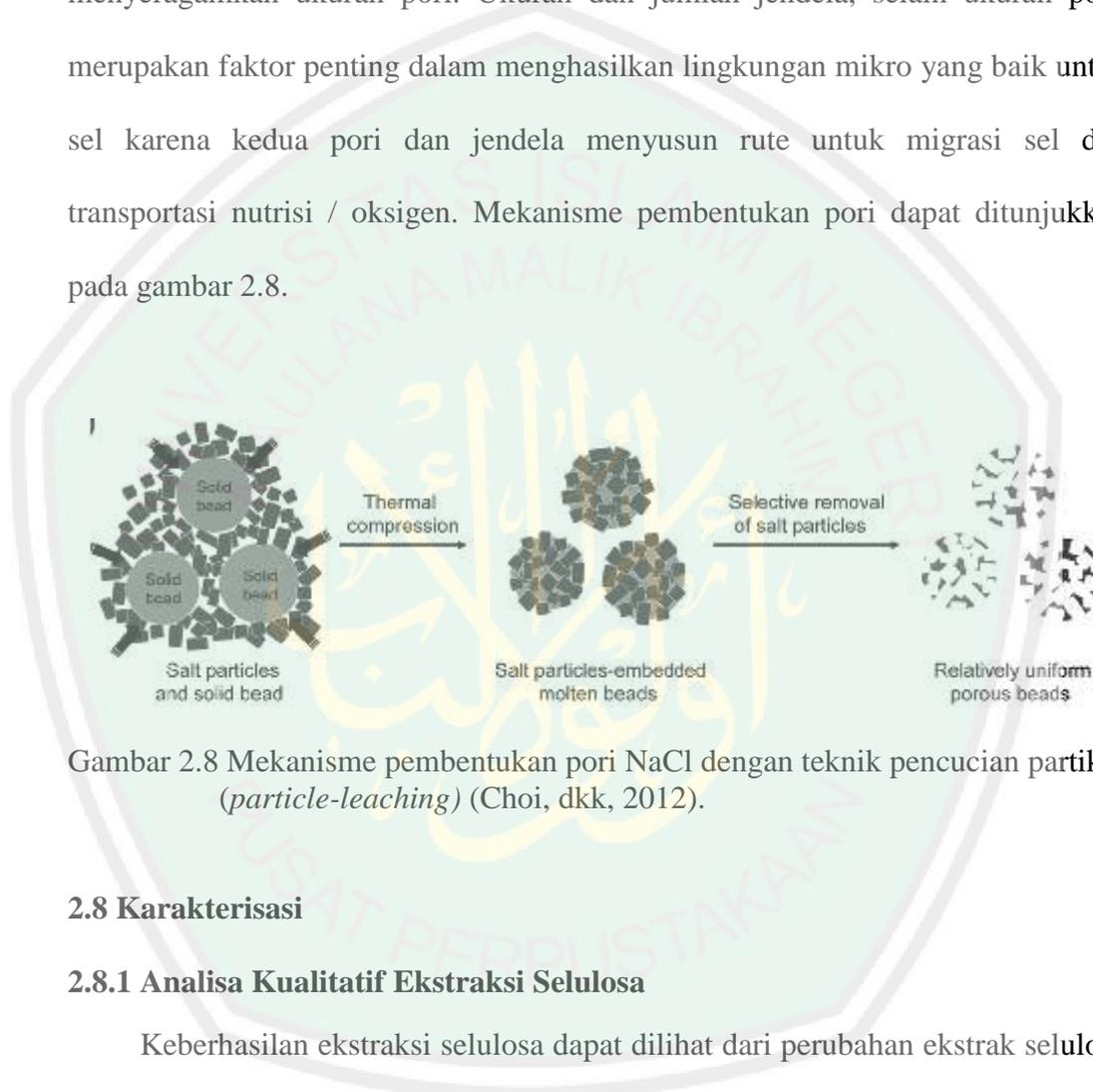
2.7 Potensi Porogen NaCl dalam Pembentukan Pori *Beads*

Kemampuan *beads* dalam menyerap senyawa dapat ditingkatkan dengan penambahan agen pembentuk pori atau disebut dengan porogen. Menurut Mane dkk. (2016), porogen merupakan pelarut yang dapat menghasilkan pori yang berikatan dengan sifat polimer. Porogen harus memiliki titik didih yang lebih tinggi dan tidak bereaksi secara kimiawi (*inert*). Pemilihan porogen tergantung pada polaritas dan kelarutan monomer, polimer, dan porogen, serta interaksi antara keduanya.

Klasifikasi porogen berdasarkan unsur kimianya ada 2, yaitu organik dan anorganik. Menurut Chao, dkk. (2006) dan Zhou, dkk. (2008), porogen anorganik yang dapat digunakan, adalah KCl, NaCl, Na₂SO₄, NaHCO₃, dan K₂HPO₄, dimana pada porogen anorganik dapat berpotensi dalam pembentukan pori pada polimer. Menurut Choi, dkk. (2002), digunakannya porogen NaHCO₃ dan CaCO₃ pada pembuatan *beads* dihasilkan pori yang lebih besar pada porogen NaHCO₃ daripada penggunaan porogen CaCO₃. Penelitian Zhou, dkk. (2008) juga menunjukkan bahwa pada penggunaan variasi porogen NaHCO₃ dengan NaCl, memiliki pori yang lebih besar daripada NaCl.

Menurut Mane, dkk. (2016), pengaruh pembentukan pori, selain disebabkan pada jenis porogen yang digunakan juga dipengaruhi oleh jumlah porogen. Semakin besar jumlah porogen dapat meningkatkan ukuran porositas. Menurut Okay, dkk. (2000), faktor yang dapat mempengaruhi sifat polimer adalah berat molekul. Semakin kecil berat molekul, pori yang dihasilkan semakin kecil pula, sehingga dapat dihasilkan luas permukaan yang besar. Besarnya luas permukaan dapat mempengaruhi tingkat daya adsorpsi yang semakin besar pula.

Menurut Yin dkk. (2013), pembentukam pori dengan porogen NaCl menggunakan teknik pencucian partikel (*leaching particle*). Menurut Choi dkk. (2012), mekanisme pembentukan pori NaCl dimulai dengan pembekuan pada *beads* non-pori pada penambahan garam NaCl. Pencucian *beads* bertujuan untuk menyeragamkan ukuran pori. Ukuran dan jumlah jendela, selain ukuran pori, merupakan faktor penting dalam menghasilkan lingkungan mikro yang baik untuk sel karena kedua pori dan jendela menyusun rute untuk migrasi sel dan transportasi nutrisi / oksigen. Mekanisme pembentukan pori dapat ditunjukkan pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Mekanisme pembentukan pori NaCl dengan teknik pencucian partikel (*particle-leaching*) (Choi, dkk, 2012).

2.8 Karakterisasi

2.8.1 Analisa Kualitatif Ekstraksi Selulosa

Keberhasilan ekstraksi selulosa dapat dilihat dari perubahan ekstrak selulosa yang dihasilkan. Menurut Kurniaty, dkk. (2017), analisis kimia lignoselulosa menggunakan metode *chesson*. Asam sulfat dan air sebagai pelarut yang digunakan dalam analisis tersebut, sehingga selain diperoleh nilai lignin, juga selulosa, maupun hemiselulosa. Sebagaimana hasil dapat dihitung menggunakan rumus 2.3, 2.4, dan 2.5.

$$\text{Hemiselulosa (\%)} = \frac{b-c}{a} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\text{Selulosa (\%)} = \frac{c-d}{a} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\text{Lignin (\%)} = \frac{d-e}{a} \times 100\% \dots\dots\dots(2.5)$$

2.8.2 Daya Swelling

Menurut Hitanen dan Ebelingg (1997) dalam Olejnik, dkk. (2017), *swelling* merupakan hasil penetrasi secara langsung ke dalam sistem kapiler dinding sel berbasis tanaman, akibat adanya interaksi antara cairan polar (air) dengan ikatan hidrogen yang dibentuk oleh gugus hidroksil (-OH) dan karboksil (-COOH) dari selulosa. Derajat tautan silang yang cukup tinggi, *beads* yang dihasilkan menjadi kaku, titik leleh tinggi, dan padat yang tidak dapat digembungkan. Presentase daya *swelling beads* dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\%swelling = \frac{W_t - W_0}{W_0} \times 100\% \dots\dots\dots(2.6)$$

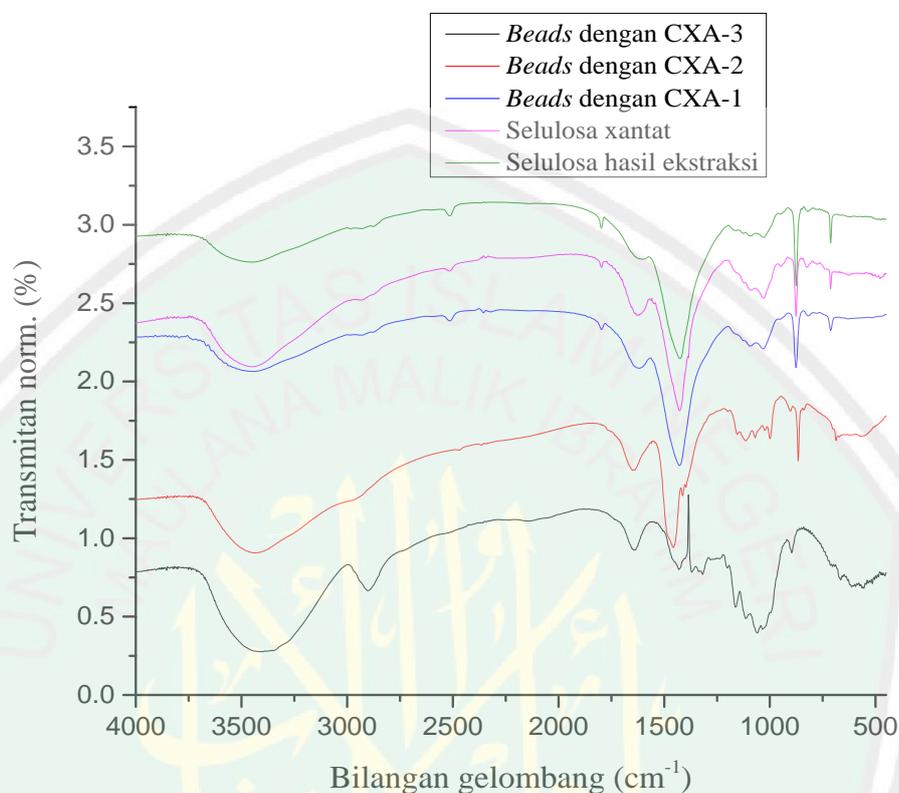
Dengan W_t adalah berat *beads* yang terhidrasi dan W_0 adalah berat *beads* kering (Ayuningtyas, 2012).

Menurut Ayuningtyas (2012), bahwa daya *swelling alginat-beads* selama 3, 9, 12, 24, 72 jam, 1, dan 2 minggu memiliki rata-rata sebesar 2,63%. Nilai daya *swelling* yang dihasilkan menunjukkan banyaknya tautan silang yang terbentuk pada ikatan hidrogen. Semakin besar nilai daya *swelling* yang dihasilkan, semakin banyak pula tautan silang yang terbentuk pada ikatan hidrogen.

2.8.3 Karakterisasi Gugus Fungsi Menggunakan *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

Modifikasi selulosa dalam bentuk selulosa xantat, dapat diketahui keberhasilannya dengan diketahui gugus fungsi dari senyawa tersebut. Analisis gugus fungsi bertujuan untuk menunjukkan perbedaan serapan baru antar sampel

yang digunakan. Gugus fungsi dapat ditunjukkan melalui spektra IR pada gambar 2.10.



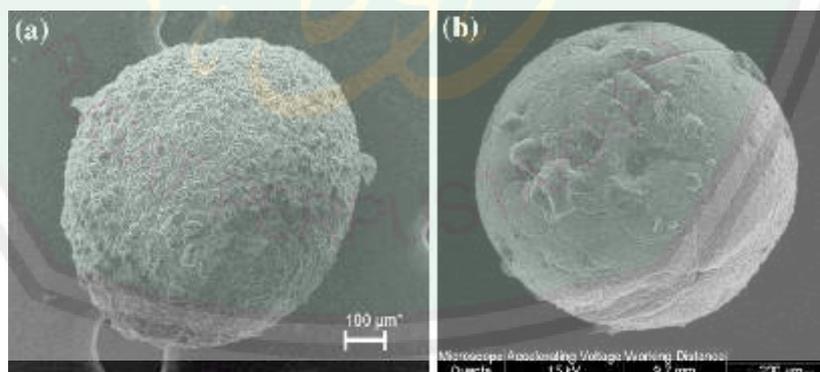
Gambar 2.9 Spektra IR selulosa hasil ekstraksi, selulosa xantat, *beads* dengan CXA-1, *beads* dengan CXA-2, dan *beads* dengan CXA-3 (Puspitasari, 2017)

Berdasarkan spektra yang dihasilkan, dapat menunjukkan bahwa pada selulosa xantat terbentuk gugus O-H pada bilangan gelombang 3400 cm^{-1} , CH_3 pada 2900 cm^{-1} , C=O pada 1600 cm^{-1} , C-H pada 1100 cm^{-1} , dan C-S 686 cm^{-1} . Menurut Puspitasari (2017), pembuatan *beads* menggunakan komposisi alginat-selulosa xantat 2:1; 1:1; dan 1:3. *Beads* dengan komposisi alginat-selulosa xantat 2:0 dapat dihasilkan serapan gugus OH ulur pada bilangan gelombang 3441 cm^{-1} , vibrasi ulur C-H alifatik pada 2930 cm^{-1} , C-C pada $1616 - 1427\text{ cm}^{-1}$, dan C-O-C

pada $1093 - 1031 \text{ cm}^{-1}$. Selain itu, muncul puncak baru pada 1790 cm^{-1} menandakan adanya porogen CaCO_3 yang digunakan dan hilangnya gugus C-S dari selulosa xantat pada bilangan gelombang 686 cm^{-1} . Keberhasilan penggunaan agen *crosslink* juga dapat dibuktikan dengan munculnya puncak baru gugus Zn-O pada serapan $824,585 \text{ cm}^{-1}$.

2.8.4 Karakterisasi Bentuk Permukaan *Beads* Menggunakan *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersion X-ray* (SEM-EDX)

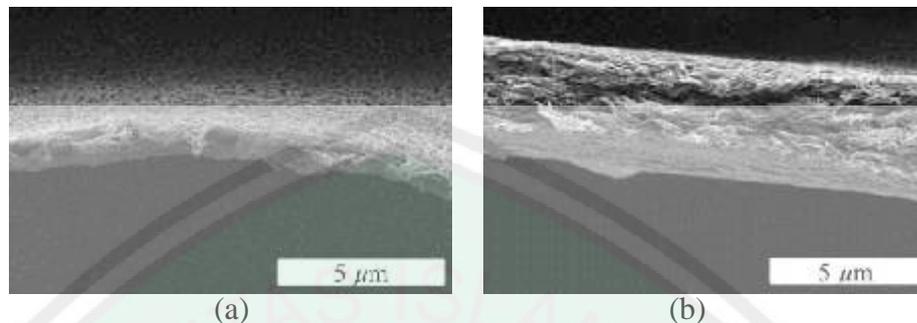
Kemampuan *beads* dalam membentuk pori dapat diketahui berdasarkan bentuk permukaannya yang dianalisis menggunakan SEM-EDX. Penggunaan porogen dapat mempengaruhi pada hasil pori *beads*. Menurut Peretz, dkk. (2015), digunakannya variasi dosis 0% dan 6% berat NaCl pada sintesis alginat-*beads*, dapat menghasilkan hasil bulatan yang rata dengan permukaan kasar pada penambahan 6% berat NaCl. Pada 0% berat NaCl, *beads* hampir bulat dengan permukaan yang hampir halus dan sedikit cekungan, seperti pada Gambar 2.11.



Gambar 2.10 Bentuk permukaan *beads* alginat (a) dengan penambahan, dan (b) tanpa penambahan NaCl (Peretz, dkk., 2015)

Menurut Range, dkk. (2012), penggunaan 0,5 gram porogen NaCl juga dapat mempengaruhi bentuk permukaan pada membran *polylactide* dan

polysulfone. Pori yang dihasilkan banyak dan kecil. Bentuk permukaan ditunjukkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.11 Bentuk permukaan membrane *polylactide* dan *polysulfone* setelah penambahan 0,5 gram NaCl (a) tampak atas (b) tampak samping (Range, dkk., 2012)

2.8.5 Analisis Porositas *Beads*

Keberhasilan dalam pembuatan *beads* selulosa dipengaruhi dengan kemampuan daya adsorpsinya. Salah satu faktor tersebut adalah porositas. Metode dalam pengukuran porositas salah satunya adalah dengan penggantian cairan. Etanol dipilih sebagai pengganti cairan karena etanol mudah menembus kedalam pori dan tidak menginduksi terjadinya pembengkakan atau penyusutan *beads* (Lin, dkk. 2012). Porositas *beads* (X) dapat ditentukan berdasarkan persamaan, berikut (Eiselt, dkk., 2000):

$$X = \frac{V_1 - V_3}{V_T} \times 100 = \frac{V_1 - V_3}{V_2 - V_3} \times 100 \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana, V_1 = volume awal etanol.

V_2 = volume etanol dan *beads*.

V_3 = volume sisa etanol setelah *beads* diambil.

BAB III

METODOLOGI

3.1 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Februari - Oktober 2018 di Laboratorium Riset Kimia Fisika Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan meliputi: seperangkat alat gelas, cawan porselen, penjepit kayu, desikator, kertas pH, oven, *hot plate*, seperangkat alat reflux, timbangan analitik, kertas saring, *aluminium foil*, *hair dryer*, magnetic *stirrer*, sentrifuge, *syringe needle* 18G, *shaker incubator*, gelas ukur, konduktivimeter, SEM-EDX, dan FTIR.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan meliputi: batang jagung yang berasal dari daerah Batu, natrium hidroksida (NaOH) p.a., zink asetat ($C_4H_6O_4Zn$), natrium alginat ($C_6H_7O_6Na$)_n, asam klorida (HCl) 37 % p.a., CS₂, natrium klorit (NaCl₂O) p.a., aquades, natrium klorida (NaCl), etanol, asam sulfat, dan aquademin.

3.3 Rancangan Penelitian

Jenis penelitian yang dilaksanakan adalah *experimental laboratory*, yaitu sintesis dan karakterisasi alginat-selulosa xantat *beads* dari batang jagung. Sampel diperoleh dari Tumpang Kabupaten Malang. Metode yang digunakan adalah gelasi ionik dengan menggunakan penaut silang zink asetat 5 %. Pada penelitian

ini melakukan ekstraksi batang jagung untuk menghilangkan senyawa non-selulosa, menggunakan konsentrasi NaOH 6 % dalam pembentukan selulosa xantat. Selulosa yang didapat, digunakan sebagai bahan untuk membuat *beads* alginat-selulosa, selanjutnya diidentifikasi berdasarkan gugus fungsi, daya *swelling*, morfologi, dan porositas.

3.4 Tahapan Penelitian

1. Preparasi sampel
2. Ekstraksi selulosa dari batang jagung
3. Pembuatan selulosa xantat dengan penambahan CS₂ dan pelarut NaOH 6%
4. Penentuan dosis pembentuk pori NaCl
5. Karakterisasi
6. Analisis data

3.5 Cara Kerja

3.5.1 Preparasi Sampel

Batang jagung dibersihkan kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari. Dihaluskan sampel kering dengan digiling dan diayak dengan ayakan 100 mesh. Selanjutnya, dioven selama 24 jam pada suhu 60°C. Serbuk yang diperoleh merupakan sampel yang akan digunakan dalam proses ekstraksi.

3.5.2 Ekstraksi Selulosa dari Batang Jagung

Serbuk batang jagung sebanyak 25 gram direndam dalam 500 ml NaOH 10 % pada suhu 80 °C selama 90 menit. Kemudian, dicuci beberapa kali dengan aquades, diperas, dan dihasilkan *pulp*. Ditambahkan 20 tetes asam asetat dan 100

ml natrium klorit (NaCl_2O) 1% ke dalam *pulp* pada suhu 75°C selama 1 jam. Setelah itu, dicuci dengan aquades hingga netral dan diperas. Selulosa yang didapatkan dihidrolisis dengan HCl 5% (1:20) pada 95°C selama 1 jam (Suvachitanont dan Pookingdao, 2013).

3.5.3 Pembuatan Selulosa Xantat

Lima gram selulosa direndam dalam NaOH 20 % sebanyak 40 mL selama 3 jam. Selanjutnya diperas dan didiamkan selama 60 jam pada suhu kamar untuk *aging*. Selulosa alkali yang diperoleh direaksikan dengan 2,5 mL CS_2 dalam *shaker incubator* dengan kecepatan 150 rpm pada suhu 25°C selama 3 jam sehingga didapatkan selulosa xantat (Wang, dkk, 2013). Hasil suspensi kemudian dilarutkan dalam NaOH 6 % sebanyak 30 mL. Sampel dikarakterisasi dengan FTIR

3.5.4 Penentuan Konsentrasi Terbaik NaCl dalam Pembentukan Pori *Beads*

Satu gram natrium alginat dilarutkan dalam 25 ml aquademin. Dimasukkan selulosa xantat dengan perbandingan alginat-selulosa 1:3. Kemudian, dimasukkan NaCl dengan variasi 0; 0,5; 1; dan 1,5 gram. Larutan yang terbentuk ditetaskan menggunakan *syringe needle* 18G ke dalam $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4\text{Zn}$ 5 % sebanyak 50 mL dan didiamkan selama 24 jam. *Beads* yang terbentuk disaring dan dicuci menggunakan aquademin.

Beads dicuci dengan direndam ke dalam erlenmeyer dengan aquademin pada suhu kamar selama 93 jam. Diperiksa hasil pencucian (NaCl) dengan diukur konduktivitas air pencuci secara berkala. Pengukuran konduktivitas diakhiri hingga mendekati nilai konduktivitas air, yaitu $1 \mu\text{S}/\text{cm}$ (Tas, 2008). *Beads* basah yang dihasilkan, dikeringkan menggunakan suhu 37°C selama 5 jam

(Suvachittanont dan Pookingdao, 2013). Kemudian, diidentifikasi daya *swelling*, FTIR, porositasnya, dan morfologi permukaannya.

3.5.5 Karakterisasi

3.5.5.1 Analisis Kualitatif Ekstrak Selulosa

Diambil 1 gram sampel dan direfluks menggunakan 150mL aquades pada suhu 100°C selama 2 jam. Selanjutnya, residu yang diperoleh, direfluks menggunakan 150 mL H₂SO₄ 0,5 M pada suhu 100°C selama 2 jam. Residu yang diperoleh direndam 10 mL H₂SO₄ 72% (v/v) selama 4 jam pada suhu ruang dan direfluks selama 2 jam pada suhu 100°C. Setelah itu, diabukan (Kurniaty, 2017). Besar lignin yang diperoleh dapat dihitung menggunakan persamaan 2.3, 2.4, dan 2.5.

3.5.5.2 Uji *Swelling Beads*

Sebanyak 50 mg *beads* direndam dalam 20 mL aqua demineralisata. *Beads* ditimbang pada jam ke-3, 9, 12, dan 24. Uji *swelling* ditentukan berdasarkan persamaan (2.6).

3.5.5.3 Analisis Gugus Fungsi

Beads dikarakterisasi dengan melalui pengujian FTIR. *Beads* dan padatan KBr digerus hingga menjadi serbuk menggunakan mortar *agate*, kemudian ditempatkan pada preparat dan dipress untuk membentuk pellet. Selanjutnya, sampel ditempatkan pada *sample holder* dan dilanjutkan pengukuran.

3.5.5.4 Analisis Morfologi Permukaan

Karakterisasi morfologi permukaan *beads* alginat-selulosa xantat terbaik dan kontrol dianalisis menggunakan SEM-EDX. Sampel ditempatkan pada *carbon tape* dan *fine gold sputtering* diaplikasikan pada evaporator dan

bertekanan tinggi. Tegangan akselerasi diatur selama pemindaian berjalan untuk mendapatkan gambar yang diinginkan. Gambar diambil pada perbesaran yang optimal hingga diperoleh morfologi permukaan yang paling jelas (Anggraeni, 2008).

3.5.5.5 Analisis Porositas *Beads*

Analisis volume pori dan porositas *beads* dilakukan dengan cara diambil larutan etanol dan dimasukkan gelas ukur 10 ml. Diukur volume etanol sebagai V_1 . Kemudian, dimasukkan *beads* ke dalam gelas ukur yang telah berisi etanol dan diukur volume yang telah ditambahkan *beads* sebagai V_2 . Setelah itu, direndam *beads* selama 24 jam. Dikeluarkan *beads* dari etanol dan diukur volume etanol yang tersisa sebagai V_3 (Eiselt, dkk., 2000). Selanjutnya, dihitung nilai porositasnya. Pengukuran porositas menggunakan persamaan (2.7).

3.5.6 Analisis data

1. Identifikasi keberhasilan ekstraksi selulosa dilihat berdasarkan besar nilai lignoselulosa yang didapat.
2. Identifikasi daya *swelling beads* selulosa xantat dibandingkan antar variasi dan diuji lanjut menggunakan (*Analysis Of Varians*) ANOVA, dengan hipotesis sebagai berikut;

H_0 : tidak ada perbedaan pengaruh variasi penambahan NaCl terhadap penambahan berat setelah *swelling* dan daya *swelling*.

H_1 : ada perbedaan pengaruh variasi penambahan NaCl terhadap penambahan berat setelah *swelling* dan daya *swelling*.

Untuk menentukan H_0 atau H_1 diterima, dilihat berdasarkan ketentuan berikut:

- a. Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ dan $sig. < 0,05$. Maka H_1 diterima dan H_0 ditolak.
 - b. Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ dan $sig. > 0,05$. Maka H_1 ditolak dan H_0 diterima.
3. Gugus fungsi hasil uji IR dibandingkan dengan literatur dan diidentifikasi adanya senyawa yang muncul, interaksi fisika (daya adsorpsi), dan kimianya.
4. Identifikasi bentuk permukaan *beads* sebagai kontrol dibandingkan dengan *beads* yang terbaik.
5. Besar porositas *beads* selulosa xantat dibandingkan antar variasi porogen dan kontrol yang digunakan. Hasil uji porositas diuji lanjut menggunakan (*Analysis Of Varians*) ANOVA, dengan hipotesis sebagai berikut;
- H_0 : tidak ada perbedaan pengaruh variasi penambahan NaCl terhadap porositas.
- H_1 : ada perbedaan pengaruh variasi penambahan NaCl terhadap porositas.
- Untuk menentukan H_0 atau H_1 diterima, dilihat berdasarkan ketentuan berikut:
- c. Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ dan $sig. < 0,05$. Maka H_1 diterima dan H_0 ditolak.
 - d. Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ dan $sig. > 0,05$. Maka H_1 ditolak dan H_0 diterima.
6. Perspektif integrasi sains dan islam dilakukan agar hasil penelitian bermanfaat baik ilmu sains dan nilai-nilai keislaman menurut Al-Qur'an dan Hadits. Manusia sebagai khalifah di muka bumi untuk menjalankan

tuganya dalam menjaga, merawat, dan melestarikan maupun memanfaatkan alam tersebut untuk menghasilkan produk yang lebih baik.



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preparasi Sampel

Preparasi sampel dimulai dengan pemotongan ukuran batang jagung dan penggilingan maupun pengayakan 100 mesh. Ukuran dapat berpengaruh pada luas permukaan. Semakin kecil ukuran, maka semakin besar luas permukaan. Luas permukaan dapat mempengaruhi kontak sampel dengan pelarutnya, sehingga larutan yang terserap semakin mudah. Menurut Resita (2006), pengecilan ukuran dapat menyebabkan pemutusan rantai panjang polimer, sehingga semakin mudah bereaksi.



Gambar 4.1 (a) Batang jagung sebelum dikeringkan, dan (b) serbuk setelah pengeringan, penggilingan, dan pengayakan

4.2 Ekstaksi Selulosa dan Pembuatan Selulosa Xantat

Proses pemisahan selulosa dari ikatan lignin dan ikatan polimer lainnya melalui proses ekstraksi, yaitu delignifikasi. Proses delignifikasi menggunakan NaOH menghasilkan larutan kental berwarna coklat kehitaman atau disebut juga dengan lindi hitam, sebagaimana Gambar 4.2 (a). Adanya warna coklat kehitaman tersebut dikarenakan adanya pemutusan ikatan ester dari lignoselulosa oleh ion

OH^- , sedangkan ion Na^+ berikatan dengan lignin membentuk garam fenolik sehingga lignin mudah larut dalam air.



Gambar 4.2 (a) larutan setelah proses delignifikasi dan (b) selulosa hasil delignifikasi

Berdasarkan hasil delignifikasi, sebagaimana Gambar 4.2 (b), selulosa masih berwarna kecoklatan, dan dimungkinkan masih didapatkan adanya lignin sehingga perlu dilakukan proses *bleaching*. Pada proses tersebut, hasil ekstrak selulosa menunjukkan adanya perubahan warna semakin putih. Dalam hal ini, dapat ditunjukkan pada Gambar 4.3. (a). Perubahan warna tersebut, dikarenakan telah terdegradasinya lignin pada gugus kromofor oleh oksidator kuat ClO_2 . Selanjutnya, ekstrak selulosa dari *bleaching* dilakukan hidrolisis selulosa menggunakan HCl . Hidrolisis bertujuan untuk meningkatkan depolimerisasi selulosa. Menurut Brinchi (2013), bahwa hasil dari depolimerisasi selulosa berupa mikrokristal selulosa. Dalam penelitian ini, hasil hidrolisis dapat ditunjukkan selulosa dengan sifat yang lebih kaku dan tetap berwarna putih, sebagaimana Gambar 4.3 (b).



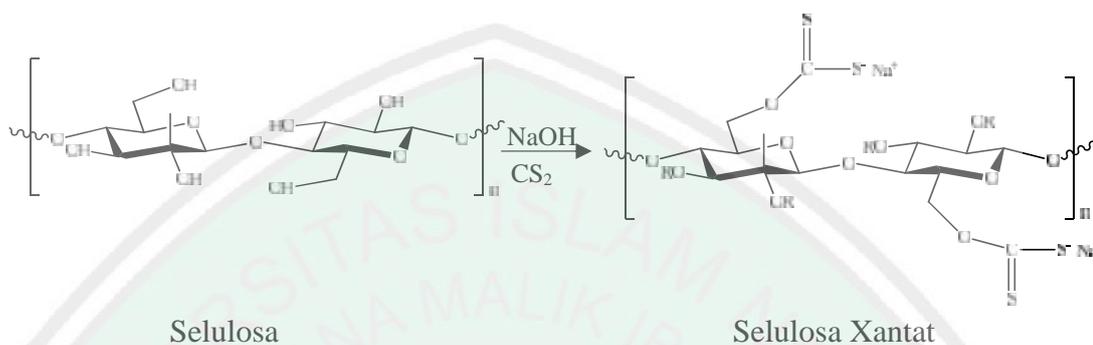
Gambar 4.3 Hasil ekstrak selulosa (a) setelah *bleaching*, dan (b) hidrolisis

Proses delignifikasi hingga hidrolisis, menghasilkan randemen sebesar 31,85 % dari berat awal serbuk batang jagung 25,0002 gram menjadi 17,0363 gram setelah hidrolisis. Turunnya berat selulosa, dimungkinkan telah hilang beberapa senyawa non selulosa, diantaranya lignin dan hemiselulosa.

Keberhasilan dari ekstraksi yang dilakukan dapat ditunjukkan pada hasil analisis lignin yang telah diperoleh, yaitu sesuai pada penelitian ini yang telah membuktikan bahwa dengan menggunakan metode *chesson* (Datta dalam Mahyati (2013)) dihasilkan lignin sebesar 27,72%, hemiselulosa sebesar 24,32%, dan selulosa sebesar 8,31% pada batang jagung. Sedangkan pada selulosa setelah hidrolisis menunjukkan hasil lignin sebesar 19,67%, hemiselulosa sebesar 24,96%, dan selulosa sebesar 38,43%. Berdasarkan hasil yang didapat, menunjukkan telah berhasilnya proses ekstraksi, yaitu perbandingan lignin dengan selulosa setelah hidrolisis memiliki nilai yang lebih besar pada serbuk batang jagung.

Penurunan selulosa menjadi selulosa xantat dibuat dengan cara mereaksikan alkali selulosa dengan CS_2 yang dilarutkan dengan NaOH membentuk selulosa xantat dalam wujud larutan yang sangat kental atau disebut dengan larutan

viskosa, sebagaimana reaksi pada gambar 4.4. Larutan alkali selulosa ditunjukkan dengan gumpalan berwarna putih, pada gambar 4.5 (a). Menurut Lucia dan Ayoub (2018), selulosa xantat memiliki ciri khas berwarna orange, sebagaimana pada gambar 4.5 (b).



Gambar 4.4 Reaksi pembuatan selulosa xantat (Albert, 2010 dalam Lucia dan Ayoub, 2018)



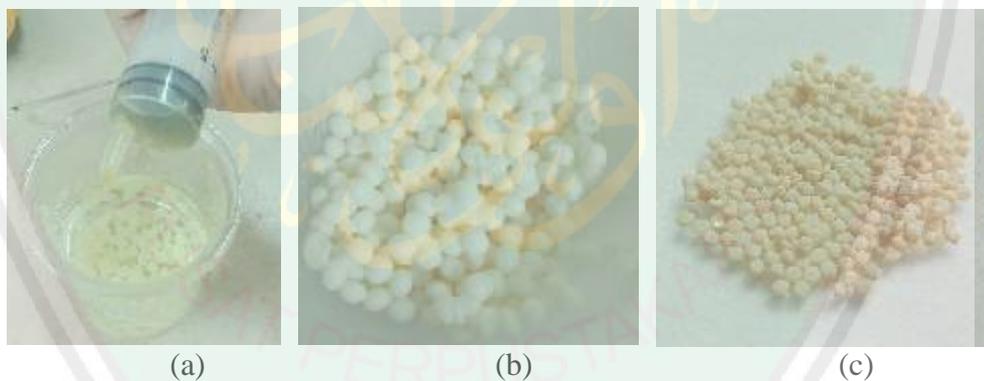
Gambar 4.5 (a) alkali selulosa, dan (b) selulosa xantat

4.3 Konsentrasi Terbaik NaCl dalam Pembuatan Pori *Beads*

Larutan yang terdiri dari alginat, selulosa xantat, aquademin, dan variasi NaCl di-*dropping* ke dalam larutan zink asetat. Zink asetat berfungsi sebagai agen pengikat silang antara zink dengan alginat sehingga *beads* yang dihasilkan bersifat kaku. Dari proses *dropping*, didapatkan *beads* yang masih berwarna kuning, sehingga dilakukan perendaman selama 24 jam untuk meningkatkan proses tautan silang antara alginat-selulosa dengan zink asetat. Hasil dari perendaman tersebut

didapat perubahan warna dari kuning pucat menjadi putih tulang pada *beads*. Perubahan warna disebabkan karena pemudaran warna ketika *beads* masih dalam larutan. Selanjutnya *beads* dilakukan pencucian menggunakan aquades. Proses pencucian digunakan teknik *leaching particle* yang bertujuan untuk mengeluarkan porogen agar terbentuk pori pada *beads*.

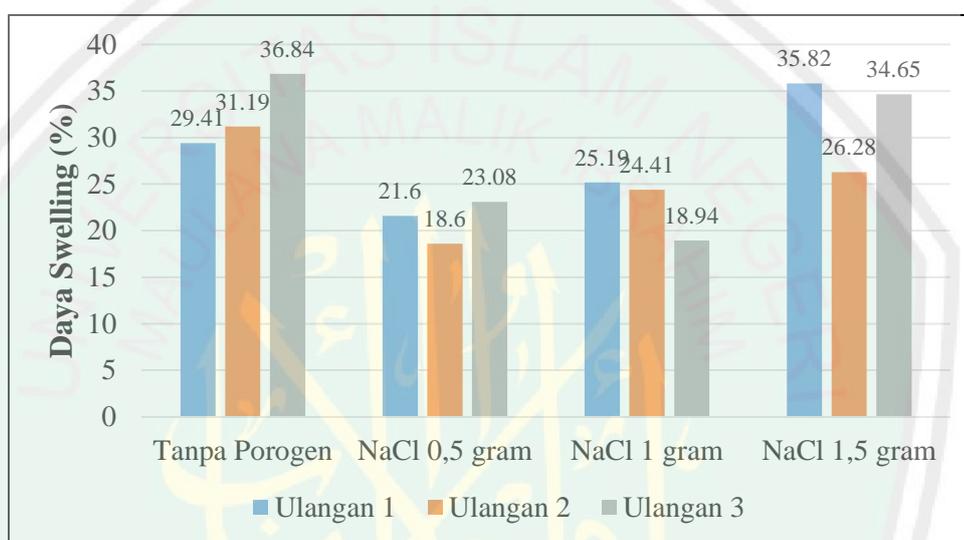
Pencucian NaCl diakhiri hingga konduktivitas *beads* mendekati nilai konduktivitas aquades. Dalam penelitian ini, nilai akhir konduktivitas aquades sebesar $3,73 \mu\text{S}/\text{cm}$, sedangkan konduktivitas *beads* setelah pencucian selama 93 jam, secara urut pada penambahan NaCl 0,5; 1; dan 1,5 gram sebesar 8,99, 9,45, 9,64 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Berdasarkan hasil tersebut dimungkinkan NaCl masih ada di dalam *beads*. Hal ini ditunjukkan dari nilai konduktivitas *beads* masih jauh di atas nilai konduktivitas aquades.



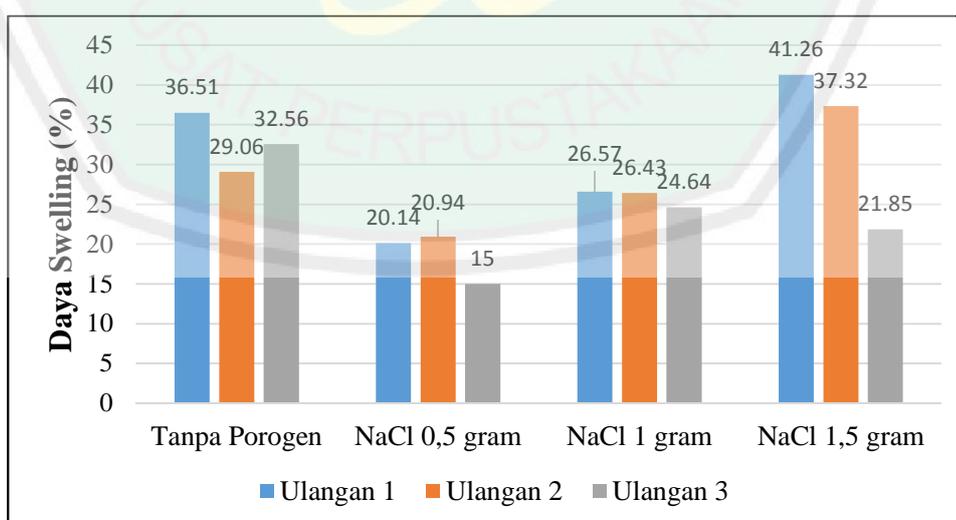
Gambar 4.6 (a) Proses pembentukan *beads*, (b) *beads* basah setelah penyaringan, dan (c) *beads* kering

Berdasarkan hasil pencucian didapatkan *beads* basah, sebagaimana telah ditampilkan pada Gambar 4.6 (b). *Beads* basah dilakukan pengeringan pada 37°C selama 5 jam. Hasil tersebut ditunjukkan dengan bentuk bulat dan pipih, sebagaimana gambar 4.6 (c). *Beads* dengan variasi penambahan NaCl pada penelitian ini diperoleh nilai tertinggi pada penambahan NaCl 1,5 gram selama

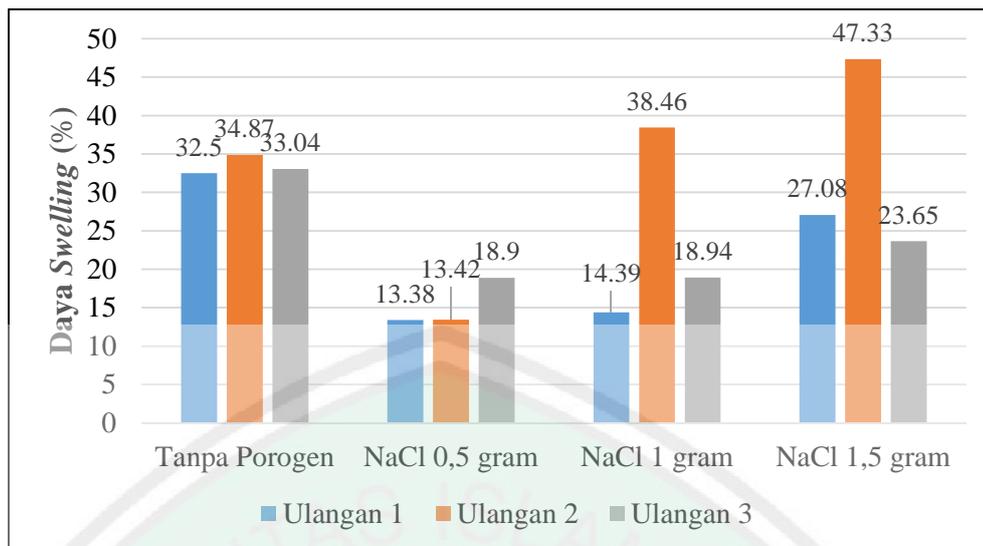
perendaman 24 jam, dengan daya *swelling* sebesar 82,47%. Pada *beads* tanpa penambahan porogen, juga memiliki nilai tertinggi pada lama perendaman 24 jam, yaitu sebesar 35,14%. Menurut Bajpai,dkk., (2004), proses *swelling* terjadi karena selulosa, akibatnya tolakan elektrostatis di antara kelompok $-COO$ bermuatan negatif meningkat yang akhirnya menyebabkan rantai relaksasi dan meningkatkan pembengkakan gel.



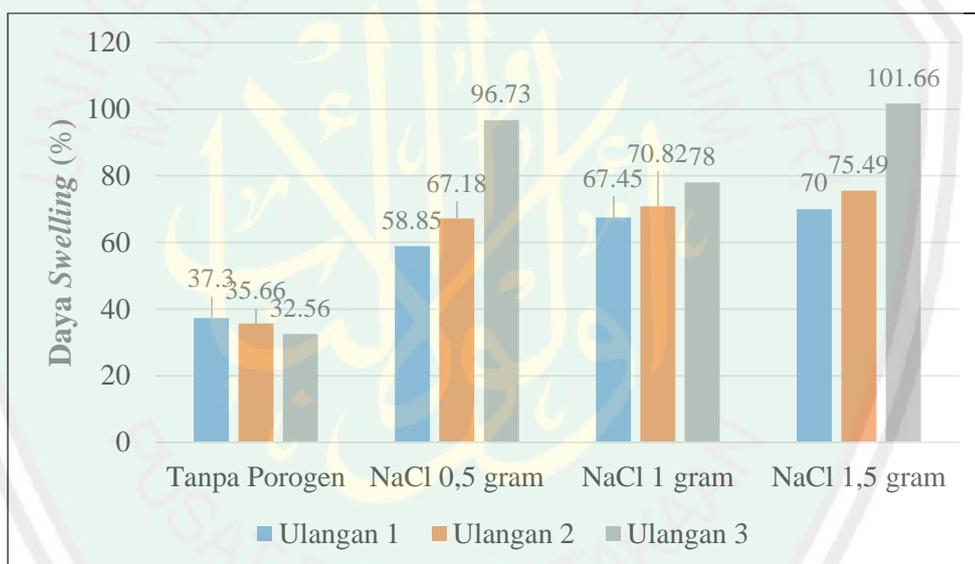
Gambar 4.7 Grafik daya *swelling* *Beads* Alginat Selulosa Xantat pada dengan perendaman selama 3 jam



Gambar 4.8 Grafik daya *swelling* *Beads* Alginat Selulosa Xantat pada dengan perendaman selama 9 jam



Gambar 4.9 Grafik daya swelling beads alginat-selulosa xantat pada dengan perendaman selama 12 jam



Gambar 4.10 Grafik daya swelling Beads Alginat Selulosa Xantat pada dengan perendaman selama 24 jam

Pada gambar 4.7 sampai 4.10 menunjukkan, bahwa swelling didapat hasil yang tidak linier dengan semakin lamanya perendaman. Pada perendaman selama 3, 9, dan 12 jam didapat daya swelling semakin menurun. Hal ini dimungkinkan tidak stabilnya proses swelling. Sedangkan daya swelling beads semakin meningkat dari perendaman selama 12 jam dengan 24 jam.

Data penambahan berat *beads* pada proses *swelling* dan daya *swelling* pada perendaman 24 jam diuji menggunakan *Test of Homogeneity of Variance* (uji F) secara berturut-turut, didapat nilai F hitung sebesar 21,017 dan 7,383. Hal ini berarti F hitung lebih besar dari F tabel (4,88) (Miller dan Jane, 2010), sehingga H_1 diterima dan H_0 ditolak. Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa penambahan berat pada proses *swelling* maupun daya *swelling* memiliki perbedaan pengaruh antar *beads* berporogen (NaCl) dan tanpa porogen.

Tabel 4. 1 Hasil homogenitas uji Beda Nyata Jujur (BNJ) atau *Tukey*

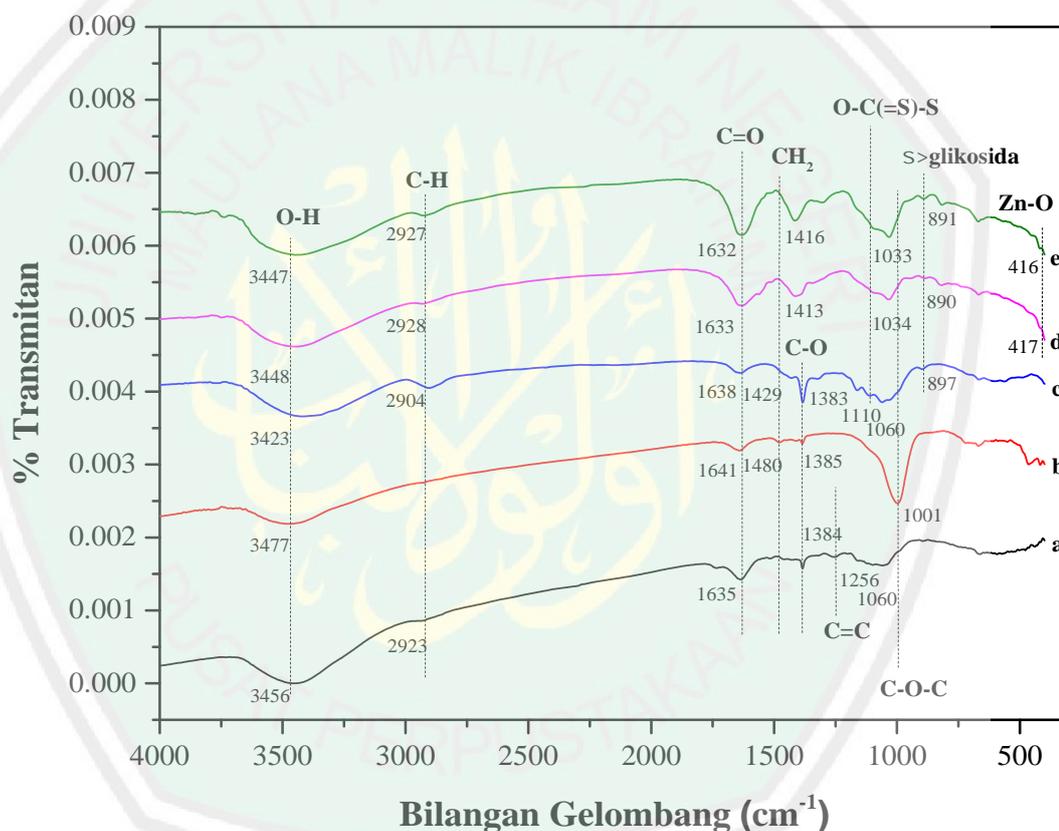
Variasi Penambahan NaCl pada <i>beads</i>	Rata-rata Berat ($W_t - W_0$) (mg)	Rata-rata <i>Swelling</i> (%)	Notasi
Tanpa porogen	4,6667	35,1733	A
NaCl 0,5 gram	18,8667	74,2533	B
NaCl 1 gram	18,0667	72,0900	B
NaCl 1,5 gram	20,7000	82,3833	B

Selanjutnya, hasil dianalisis lebih lanjut menggunakan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) atau *Tukey*. Hasil uji tersebut menyatakan, bahwa pada proses *swelling* *beads* tidak memiliki perbedaan secara nyata antar varian NaCl. Sedangkan, jika pada *beads* tanpa porogen, *swelling* yang dihasilkan paling rendah dan berbeda nyata dengan variasi yang lain. Dengan demikian, adanya penambahan NaCl pada *beads* memiliki nilai *swelling* yang semakin tinggi namun tidak memiliki perbedaan yang nyata diantara variasi NaCl. Akan tetapi, berbeda nyata dengan *beads* tanpa porogen.

4.4 Karakterisasi Gugus Fungsi pada *Beads* Alginat Selulosa Xantat

Karakterisasi gugus fungsi pada serbuk batang jagung, selulosa hidrolisis, selulosa xantat, *beads* tanpa porogen, dan *beads* NaCl 1,5 gram terjadi serapan vibrasi molekul pada bilangan gelombang sekitar 3400, 2900, 1600, 1380, dan

1000, sebagaimana gambar 4.8. Menurut Zheng dan Peipei (2015), bilangan gelombang tersebut mengindikasikan, bahwa gugus-gugus yang muncul sesuai tabel 4.1, merupakan selulosa murni. Menurut Reddy dan Yang (2005), lignin terdapat pada serapan 1300-1200 cm^{-1} . Spektra serbuk batang jagung menunjukkan adanya lignin yang ditandai dengan adanya serapan pada puncak 1256 cm^{-1} .



Gambar 4.11 Spektra IR (a) serbuk batang jagung, (b) selulosa setelah hidrolisis, dan (c) selulosa xantat (d) *beads* alginat-selulosa tanpa porogen, dan (e) *beads* alginat-selulosa xantat NaCl 1,5 gram.

Hasil dari selulosa hidrolisis, terdapat peningkatan intensitas, yaitu pada bilangan gelombang 1001 cm^{-1} , yang menunjukkan gugus C-O-C *stretching*.

Begitu juga pada serapan 1480 cm^{-1} yang diindikasikan CH_2 juga mengalami peningkatan intensitas. Hal ini menunjukkan bahwa selulosa terhidrolisis telah terbentuk area kristalin, sebagaimana Shanmugrajah, dkk., (2015) yang melaporkan, bahwa daerah serapan yang meningkat mengindikasikan terbentuknya area kristalin. Pada spektra selulosa terhidrolisis juga menyatakan, bahwa lignin telah hilang yang ditandai dengan hilangnya gugus $\text{C}=\text{C}$, yakni tidak adanya serapan pada bilangan gelombang $1300\text{-}1200\text{ cm}^{-1}$.

Tabel 4.2 Data Bilangan gelombang (cm^{-1}) spektrum IR serbuk batang jagung, selulosa hidrolisis, selulosa xantat, *Beads* tanpa porogen, dan *Beads* NaCl 1,5 gram (Lucia dan Ayoub, 2018, Zheng dan Peipei, 2015, Reddy dan Yang, 2005, Zhou, dkk., 2008, Socrates, G., 2004, dan Kumar, dkk., (2013))

No.	Daerah Serapan (cm^{-1})					Ikatan dan Jenis Gugus Fungsi
	Serbuk Batang Jagung	Selulosa Hidrolisis	Selulosa Xantat	<i>Beads</i> Tanpa Porogen	<i>Beads</i> NaCl 1,5 gram	
1	3455	3477	3423	3448	3447	O-H (<i>stretching</i>)
2	2923	-	2904	2928	2927	C-H (<i>stretching</i>)
3	1630	1641	1638	1633	1632	COO^- (<i>stretching</i>)
4	-	1480	1429	1413	1416	$-\text{CH}_2$ (<i>bending</i>)
5	-	-	-	400	400	Zn-O
6	1384	1385	1383	-	-	C-O antisimetris
7	1256	-	-	-	-	C=C aromatis
8	-	-	1110	-	-	O-C(=S)-S
9	1060	1001	1060	1034	1033	C-O-C (<i>stretching</i>)
10	-	-	897	890	891	-glikosida selulosa

Pada bilangan gelombang 1033 cm^{-1} merupakan serapan gugus C-O-C *stretching* dan 1110 cm^{-1} yang mengindikasikan adanya gugus -O-C(=S)-S. Munculnya gugus -O-C(=S)-S menandakan, bahwa pada sintesis selulosa xantat telah berhasil dilakukan, yang diindikasikan adanya gugus CS_2 pada xantat.

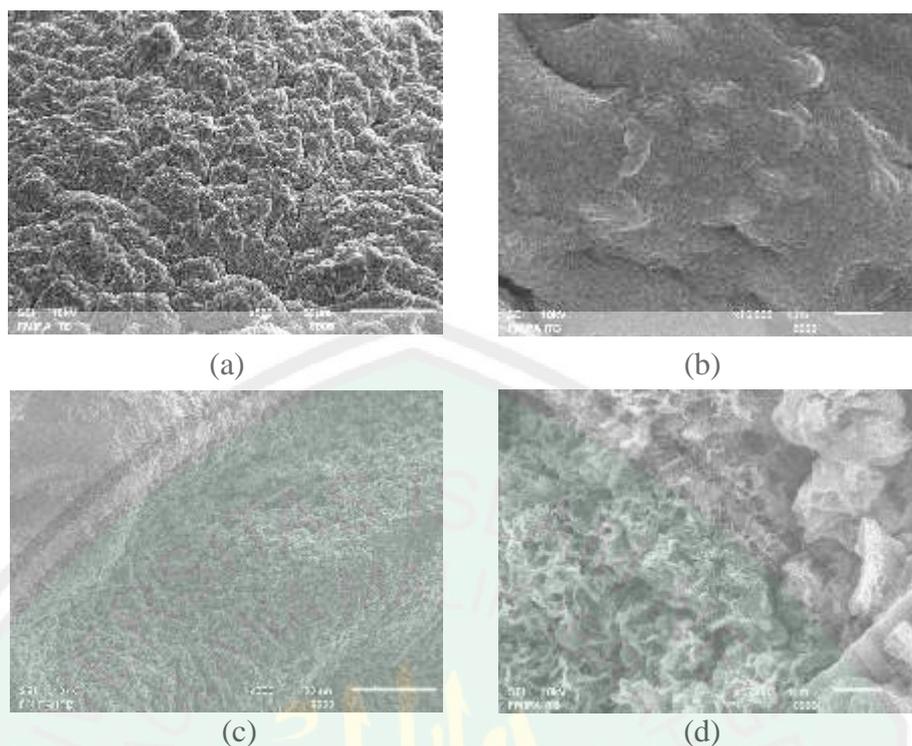
Menurut Zheng dan Peipei (2015), yang menjadi ciri khas gugus $-O-C(=S)-S$ yakni bilangan gelombang 1110 cm^{-1} .

Vibrasi antara *beads* tanpa porogen dengan *beads* NaCl 1,5 gram menunjukkan hasil serapan yang hampir sama. Munculnya serapan baru pada *beads* tanpa porogen dengan bilangan gelombang 417 cm^{-1} dan 416 cm^{-1} pada *beads* NaCl 1,5 gram. Berdasarkan Socrates (2004), menunjukkan bahwa serapan gugus ZnO *stretching* pada bilangan gelombang $500-400\text{ cm}^{-1}$. Penelitian Akbari, dkk., (2016), juga menunjukkan adanya gugus Zn-O *stretching* pada bilangan gelombang $590-400\text{ cm}^{-1}$, sehingga munculnya serapan pada bilangan gelombang 416 dan 417 cm^{-1} mengindikasikan adanya tautan silang pada *beads*, sebagaimana Gambar 4.8.

Selain itu, pada *beads* dengan penambahan NaCl 1,5 gram tidak didapatkan serapan NaCl. Hal ini sesuai dengan Derick, dkk., (1999), bahwa garam NaCl merupakan senyawa anionik sederhana dengan satu kation natrium (Na^+) dan satu anion klorida (Cl^-). Sebagian besar senyawa anionik sederhana tidak akan menghasilkan getaran apapun dalam kisaran pertengahan IR, sehingga kurangnya pita serapan pada wilayah tersebut

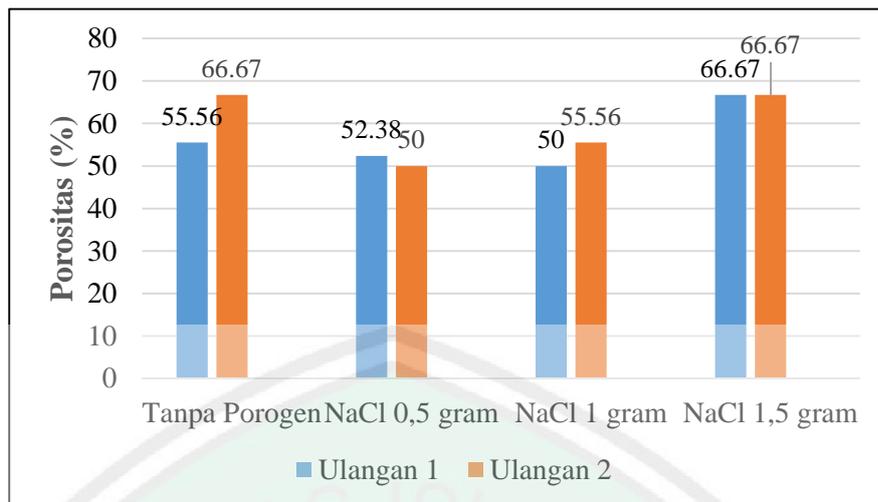
4.5 Karakterisasi Morfologi dan Porositas *Beads* Alginat Selulosa Xantat

Bentuk permukaan (morfologi) *beads* dapat dilihat berdasarkan hasil uji SEM. Pada karakterisasi ini, pengukuran morfologi digunakan *beads* pada penambahan NaCl 1,5 gram. Hasil tersebut menunjukkan bentuk permukaan *beads* yang bersisik dan berbentuk lipatan, sedangkan pada *beads* tanpa porogen bentuk permukaan lebih banyak rongga dan terdapat pori. Dalam hal ini, morfologi *beads* dapat ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Bentuk morfologi pada (a) *beads* NaCl 1,5 gram perbesaran 500x (b) *beads* NaCl 1,5 gram perbesaran 15.000, (c) *beads* tanpa porogen perbesaran 500x, dan (d) *beads* tanpa porogen perbesaran 15.000x

Berdasarkan hasil uji morfologi yang telah ditampilkan pada gambar 4.12, dapat dibandingkan bahwa adanya penambahan NaCl sebagai porogen *beads* ternyata memberikan permukaan yang lebih halus dibandingkan tanpa penambahan porogen. Hasil morfologi di atas, tidak menunjukkan hubungan dengan besarnya nilai daya *swelling*. Hal ini dimungkinkan masih adanya NaCl di dalamnya, sehingga dapat menutupi permukaan *beads*. Hal ini juga didukung oleh uji statistik homogenitas dan BNJ atau *Tukey*, dimana antara *beads* tanpa porogen dengan *beads* penambahan NaCl menunjukkan perbedaan yang signifikan baik pada penambahan berat maupun daya *swelling*, namun tidak pada *beads* variasi penambahan NaCl.



Gambar 4.13 Grafik porositas *Beads* Alginat Selulosa Xantat

Uji porositas bertujuan untuk mengetahui seberapa besar porositas *beads* yang dihasilkan dari penambahan NaCl. Berdasarkan hasil statistik *Test of Homogeneity of Variance* (uji F) terhadap porositas, didapat nilai F hitung sebesar 5,282. Hal ini berarti F hitung lebih kecil dari F tabel (5,591) (Miller dan Jane, 2010), sehingga H_0 diterima dan H_1 ditolak. Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa uji porositas pada *beads* baik pada penambahan variasi NaCl maupun tanpa porogen tidak menunjukkan adanya perbedaan pengaruh antar varian secara signifikan.

Tabel 4.3 Kandungan Unsur pada *Beads* NaCl 1,5 gram

<i>Beads</i> Alginat Selulosa Xantat	Massa Unsur (%)					
	C	O	S	Zn	Na	Cl
Tanpa Porogen	31,58	40,26	2,76	35,70	-	-
NaCl 1,5 gram	47,31	37,44	10,98	11,84	4,27	0,02

Berdasarkan Tabel 4.3 menunjukkan bahwa *beads* alginat selulosa xantat tanpa porogen memiliki perbedaan dari segi unsur yang masih terkandung di dalamnya. Pada *beads* tanpa porogen terkandung unsur O, S, dan Zn yang lebih tinggi dari *beads* dengan porogen NaCl 1,5 gram. Hal tersebut, diperkirakan pada

beads dengan penambahan NaCl 1,5 gram sebagian unsur-unsurnya ikut keluar bersama proses *leaching* NaCl, sedangkan pada *beads* tanpa porogen tidak dilakukan *leaching*.

Hasil *EDX* pada teknik *leaching* NaCl, ditunjukkan pada Tabel 4.3, bahwa kandungan Cl sebesar 0,02% dan Na sebesar 4,27%. Hasil ini menunjukkan hal yang sama dengan hasil pengujian konduktivitas, bahwa di dalam *beads* masih didapat NaCl meskipun telah di-*leaching*, sehingga dapat mempengaruhi bentuk permukaan pada *beads* dengan penambahan NaCl.

Menurut Chen, dkk., (2014), bahwa mekanisme garam yang mempengaruhi daya *swelling* polimer dapat dikaitkan dengan interaksi polimer-garam dan persaingan polimer-garam terhadap molekul air. Sedangkan pada penelitian ini, adanya garam (NaCl) dapat menyebabkan nilai daya *swelling* yang lebih tinggi dari *beads* tanpa porogen. Menurut Horkay, dkk. (2000), terjadinya *swelling* pada polimer dengan adanya garam disebabkan karena proses *swelling* osmotik, yaitu adanya tekanan pada proses kontribusi ionik.

4.6 Pemanfaatan Batang Jagung sebagai Selulosa *Beads* dalam Prespektif Islam

Pemisahan selulosa pada batang jagung dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu delignifikasi, *bleaching*, dan hidrolisis. Proses pemisahan tersebut merupakan salah satu upaya menjaga kelestarian lingkungan sekitar, dengan tanpa merusaknya. Pelestarian tersebut dapat dilakukan dengan cara memanfaatkan limbah pertanian batang jagung untuk dijadikan produk yang lebih baik.

Telah dijelaskan dalam firman-Nya, surat Al-Baqarah ayat 205:

وَإِذَا تَوَلَّى سَعَىٰ فِي الْأَرْضِ لِيُفْسِدَ فِيهَا وَيُهْلِكَ الْحَرْثَ وَالنَّسْلَ ۗ وَاللَّهُ لَا يُحِبُّ الْفُسَادَ

“Dan apabila ia berpaling (dari kamu), ia berjalan di bumi untuk mengadakan kerusakan padanya, dan merusak tanam-tanaman dan binatang ternak, dan Allah tidak menyukai kebinasaan.”

Tafsir Al-Maraghi (1993) menjelaskan, bahwa peringatan bagi mereka yang telah melakukan kerusakan pada tanaman maupun hewan akibat tingkah laku manusia sendiri. Dan alangkah baiknya untuk memperbaiki perbuatannya. Karena demikian, Allah tak kan merestui manusia perusak.

Manusia diciptakan oleh Allah sebagai khalifah di bumi dengan tujuan untuk merawat, menjaga, dan melestarikan hasil ciptaan-Nya. Sebagaimana firman Allah SWT. dalam surat Al-An'am ayat 165:

وَهُوَ الَّذِي جَعَلَكُمْ خَلَائِفَ الْأَرْضِ وَرَفَعَ بَعْضَكُمْ فَوْقَ بَعْضٍ دَرَجَاتٍ لِّيُبْلُوَكُمْ فِي مَا آتَاكُمْ ۗ إِنَّ رَبَّكَ سَرِيعُ الْعِقَابِ وَإِنَّهُ لَغَفُورٌ رَحِيمٌ

“Dan Dialah yang menjadikan kamu penguasa-penguasa di bumi dan Dia meninggikan sebahagian kamu atas sebahagian (yang lain) beberapa derajat, untuk mengujimu tentang apa yang diberikan-Nya kepadamu. Sesungguhnya Tuhanmu amat cepat siksaan-Nya dan sesungguhnya Dia Maha Pengampun lagi Maha Penyayang.”

Ayat di atas menerangkan, bahwa manusia sebagai khalifah untuk mengembangkan alam. Allah meninggikan derajat kepada manusia atas nikmat yang telah diberikan. Dan menguji atas nikmat tersebut untuk tetap bersyukur. Allah akan memberikan hukuman kepada yang melanggar dan juga mengampuni kepada orang yang bertaubat. Sungguh Allah Maha Pengampun lagi Maha Penyayang atas segala firman-Nya (Shihab, 2000). Oleh karena itu, merawat alam, mengembangkan alam, untuk melestarikannya agar tidak mengganggu

ketenangannya. Semakin alam dijaganya, semakin amanah dalam menjalankan tugas sebagai khalifah, begitu pun sebaliknya. Sehingga, dalam penelitian ini merupakan salah satu upaya dalam menjalankan tugas kekhalifaannya serta sebagai pemecahan masalah (*problem solving*) dari masing-masing manusia.

Manusia yang telah dianugerahkan akal dan pikiran, untuk berdzikir dan beramal guna memperdalam ilmunya dan memperoleh manfaat seperti halnya *ulul albab*. Sebagaimana dalam Al Quran Surat Ali Imran ayat 191.

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

“(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): “Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan Ini dengan sia-sia, Maha suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka”.

Menurut Ad-Dimasyqi (2000), pada kalimat (*ma khalaqta hazabathilan Subhanaka*) dari ayat Q.S. Ali Imran/3: 191 mempunyai arti bahwa Maha Suci Engkau. Pada kesucian-Nya tidak sekali-kali Allah menciptakan dengan sia-sia tetapi secara baik dan benar agar manusia dapat memikirkan segala sesuatu yang telah Allah ciptakan untuk mempelajarinya.

Ayat tersebut mengisyaratkan bahwa sebagai manusia *ulul albab* yang diberikan akal dan pikiran untuk mempelajari dan mengembangkan hasil ciptaan-Nya. Seperti dalam penelitian ini, mengambil selulosa dari batang jagung dengan tujuan untuk dijadikan sebagai bahan dalam pembuatan *beads*. Telah banyak penelitian yang mengatakan bahwa pembuatan selulosa *beads* dapat diaplikasikan secara lanjut sebagai pengemban obat (*drug delivery*), pembawa pupuk, maupun adsorben.

Beads merupakan mikrokapsul berbentuk bulat yang dilapisi, dengan ukuran mulai dari 50 μm hingga 2 mm. Dengan ukuran yang kecil memiliki manfaat untuk diketahui berapa besar variasi porogen terbaik dalam membentuk pori. Dalam penelitian ini, menunjukkan bahwa pada sesuatu yang dinilai kecil juga memiliki fungsi dan manfaat bagi lingkungan sekitarnya.

Allah SWT telah berfirman dalam Al-quran surat Al Baqarah ayat 26.

إِنَّ اللَّهَ لَا يَسْتَحْيِي أَنْ يَضْرِبَ مَثَلًا مَا بَعُوضَةٌ فَمَا فَوْقَهَا فَأَمَّا الَّذِينَ آمَنُوا فَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ الْحَقُّ مِنْ رَبِّهِمْ وَأَمَّا الَّذِينَ كَفَرُوا فَيَقُولُونَ مَاذَا أَرَادَ اللَّهُ بِهَذَا مَثَلًا يُضِلُّ بِهِ كَثِيرًا وَيَهْدِي بِهِ كَثِيرًا وَمَا يُضِلُّ بِهِ إِلَّا الْفَاسِقِينَ

“Sesungguhnya Allah tiada segan membuat perumpamaan berupa nyamuk atau yang lebih rendah dari itu. Adapun orang-orang yang beriman, maka mereka yakin bahwa perumpamaan itu benar dari Tuhan mereka. Dan adapun mereka yang kafir mengatakan : "Apakah maksud Allah menjadikan ini untuk perumpamaan?." dengan perumpamaan itu banyak orang yang disesatkan Allah, dan dengan perumpamaan itu (pula) banyak orang yang diberi-Nya petunjuk. Dan tidak ada yang disesatkan Allah kecuali orang-orang yang fasik.”

Menurut Ad-Dimasyqi (2007), menjelaskan bahwa sungguh kuasa Allah SWT dalam menciptakan suatu apapun tanpa memandang seberapa besar ukuran tersebut. Tak sekalipun dianggapnya remeh meski dalam pandangan itu terlihat kecil. Sebagaimana dalam penelitian ini, pembuatan *beads* dengan hasil ukuran yang kecil juga memiliki manfaat yang lebih bagi lingkungan sekitar.

Generasi ulul albab merupakan generasi yang memiliki kepribadian yang utuh dan tangguh dalam menyikapi sebuah masalah. Masalah yang dihadapi juga harus membutuhkan trik dan cara, yakni ilmu tertentu. Ilmu merupakan suatu suatu pertanggungjawaban kepada manusia selain sebagai nikmat yang telah diberikan. Selain ilmu, sebagai kaum muslimin juga telah diberikan anugerah

iman dan taqwa supaya selalu dekat dan mengingat akan bukti Sang Pencipta. Sebagaimana dalam surat Al Anfal ayat 2, sebagai berikut:

إِيمَانًا الْمُؤْمِنُونَ الَّذِينَ إِذَا ذُكِرَ اللَّهُ وَجِلَتْ قُلُوبُهُمْ وَإِذَا تُلِيَتْ عَلَيْهِمْ آيَاتُهُ زَادَتْهُمْ إِيمَانًا وَعَلَىٰ رَبِّهِمْ يَتَوَكَّلُونَ

“Sesungguhnya orang-orang yang beriman ialah mereka yang bila disebut nama Allah gemetarlah hati mereka, dan apabila dibacakan ayat-ayat-Nya bertambahlah iman mereka (karenanya), dan hanya kepada Tuhanlah mereka bertawakkal.”

Tafsir Ath-thabari (2009), menerangkan bahwa mukmin sejati adalah seseorang yang hatinya bergetar ketika disebut nama Allah. Karena demikian akan menanamkan rasa takut akan balasan Tuhan terhadap perilaku yang bertentangan pada syariat Allah dan Rasul-Nya. Sebagaimana penelitian ini, yaitu dengan mengembangkan bagian dari limbah batang jagung untuk dijadikan sebagai bahan dalam pembuatan *beads*, merupakan salah satu ungkapan rasa syukur serta menumbuhkan sikap rendah hati akan ciptaan-Nya.

Salah satu wujud dalam mengembangkan ilmu dari bentuk cinta kepada-Nya, yaitu dengan menggunakan akal dan pikirannya dalam analisa pada penelitian yang dilakukan. Dalam hal ini, ditunjukkan bahwa penambahan porogen pada *beads* memiliki kemampuan dalam menghasilkan seberapa besar maupun seberapa banyak pori. Porogen yang digunakan berupa NaCl, dengan variasi konsentrasi masing-masing, yaitu 0, 0,5, 1, dan 1,5 gram dapat menghasilkan berbagai macam ukuran. Sebagaimana telah disebutkan dalam kalam-Nya quran surat Al-Hijr ayat 21:

وَإِنْ مِنْ شَيْءٍ إِلَّا عِنْدَنَا خَزَائِنُهُ وَمَا نُنزِلُهُ إِلَّا بِقَدَرٍ مَّعْلُومٍ

“Dan tidak ada sesuatupun melainkan pada sisi Kami-lah khazanahnya, dan Kami tidak menurunkannya melainkan dengan ukuran yang tertentu.”

Tafsir Al Muyassar (2007) menyebutkan, bahwa tidak ada sedikit pun dari kemanfaatan manusia melainkan perbendaharaannya dari semua jenisnya ada pada sisi Kami. Kami tidak menurunkannya melainkan dengan ukuran tertentu sebagaimana yang Kami kehendaki dan Kami inginkan. Perbendaharaannya ada di tangan Allah, Dia memberi siapa yang dikehendaki-Nya dan menghalangi siapa yang dikehendaki-Nya, sesuai rahmat-Nya yang luas dan kebijaksanaan-Nya yang mendalam.

Ilmu merupakan suatu karunia yang diberikan oleh Allah kepada manusia. Melewati akal dan pikiran, manusia ditugaskan untuk menjaga, merawat, maupun mengembangkan alam ciptaan-Nya melalui ilmu tersebut. Sebagai generasi ulul albab, manusia juga berperan sebagai khalifah baik bagi orang lain maupun dirinya sendiri, sehingga dapat menyelesaikan masalah yang ada.

Akhir-akhir ini, semakin banyak terjadi bencana alam yang bermacam-macam dan tak terduga kapan itu datangnya, sehingga mengharuskan untuk semakin berinovasi dalam menyelesaikan permasalahan tersebut. Seperti halnya batang jagung yang selama ini dikenal sebagai limbah pertanian yang semakin lama dibiarkan dapat menyebabkan terganggunya kelestarian lingkungan. Dengan hal ini, dapat mendorong kita untuk menemukan suatu yang baru dalam melestarikan lingkungan yang ada. Salah satu penemuan tersebut yaitu dengan memanfaatkan bagian selulosa dari batang jagung sebagai bahan dari pembuatan *beads*. *Beads* merupakan bahan dengan ukuran kecil juga dapat dijadikan produk

lebih lanjut yaitu sebagai adsorben, *drug delivery*, maupun media tanam dengan menggunakan bentuk dan ukuran yang sesuai.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Variasi jumlah penambahan porogen NaCl pada *beads* tidak berpengaruh pada hasil *swelling* yang menunjukkan nilai tumpang tindih pada variasi NaCl 0,5; 1; dan 1,5 gram, dikarenakan proses pencucian tidak mencukupi nilai konduktivitas aquades.
2. Berdasarkan analisis FTIR, karakter *beads* alginat-selulosa xantat porogen NaCl dan tanpa penambahan porogen, keduanya menunjukkan serapan baru pada bilangan gelombang 416 dan 417 cm^{-1} , yaitu adanya gugus pengikat silang ZnO.
3. Karakter *beads* alginat-selulosa xantat porogen NaCl 1,5 gram berdasarkan analisis SEM-EDX memiliki bentuk permukaan yang lebih halus dan terdapat sedikit cekungan dibandingkan tanpa penambahan porogen.
4. Uji porositas menggunakan etanol tidak dapat memberikan tingkat memberikan porositas yang signifikan.

5.2 Saran

Perlu diperhatikan jarak penetesan pada proses *dropping*, agar dapat menghasilkan bentuk *beads* yang bulat. Pada uji daya *swelling*, pengambilan *beads* setelah proses perendaman, segera mungkin untuk dilakukan penimbangan, karena dapat mempengaruhi berat yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abror, M. U. S. dan Cahyaningrum, S. E. 2015. Pengaruh Konsentrasi Agen Pengikat Silang Terhadap Karakteristik Pirasinamid Terenkapsulasi. *UNESA Journal of Chemistry*, Vol. 4, No. 1,
- Ad-Dimasyqi. 2000. *Tafsir Ibnu Katsir*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- _____. 2005. *Tafsir Ibnu Katsir*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- _____. 2007. *Tafsir Ibnu Katsir*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- Agriawan, Shokib. 2013. Hama Serangan Tikus Meluas ke Tanaman Jagung. *Soloraya News*, 20 Agustus.
- Ahmed, E. M. 2015. Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review. *Journal of Advanced Research*. 6, 105-121.
- Akbari, Z. Z., Hassan F., Behrouz F., Saeedah A., Mehdi Y., dan Mohammad K. 2016. PH-sensitive bionanocomposite hydrogel beads based on carboxymethyl cellulose/ZnO nanoparticle as drug carrier. *international Journal of Biological Macromolecules*. 1317-1327.
- Al-Maraghi, Ahmad Mushthafa. 1992. *Terjemah Tafsir Al-Maraghi*, Jilid IV. Semarang: CV. Karya Thoha Putra.
- Al-Qarni Aidh, *Tafsir Muyassar*, Jakarta: Qisthi Press, 2007.
- Ath-Thabari, Abu Ja'far Muhammad bin Jarir. 2009. *Tafsir Ath-Thabari*. Jakarta: Pustaka Azzam.
- Ayuningtyas, F. 2012. Pembuatan dan Karakterisasi *Beads* Hidrogel dari Berbagai Polimer sebagai Media Tanam. *Skripsi*. Depok: Jurusan Farmasi FMIPA UI.
- Bajpai, S.K. dan Shubhra Sharma. 2004. Investigation of swelling/degradation behaviour of alginate beads crosslinked with Ca²⁺ and Ba²⁺ ions. *Reactive & Functional Polymers*, 59, 129–140.
- Berglund, L. A., Benight A. S., Bismack A., dan Peijs T. 2010. Review: Current International Research Into Cellulose Nanofibres and Nanocomposites. *Journal of Material Science*. 45, 1-33.
- Bernardi, M., Tangorra R. R., Palmisano P., Bogliano A. 2016. *Chemicals From Renewable Sources*. *Biochemtex-Mossi&Ghisolfi Group*. Tortona, Italy: Elsevier, Inc.
- Brinchi, L. 2006. Production of Nanocrystalline Cellulose from Lignocellulosic Biomass. *Carbohydrate Polymer*. 94, 159.

- Buranov, A. U. dan Mazza, G. 2008. Lignin in straw of herbaceous crops. *Ind Crops Prod.* 28: 237-259.
- Chao, A. C.; Yu, S. H.; Chung, G. S. 2006. Using NaCl particles as porogen to prepare a highly adsorbent chitosan membranes. *J. Membr. Sci.*, 280, 163–174.
- Chan, L. W., H.Y. Lee, dan P.W.S Heng. 2001. Production of alginate microspheres by internal gelation using an emulsification method. *International Journal of Pharmaceutics* 242, 259–262.
- Chen, H. H., Y. S. Wang., Y. Zhao Leng, dan X. Zhao. 2014. Effect Of NaCl and sugar on physicochemical properties of flaxseed polysaccharide-potato starch complex. *Science Asia.* 40, 60-68.
- Choi, B. Y., H. J. Park, S. J. Hwang, dan J. B. Park. 2002. Preparation of Alginate Beads for Floating Drug Delivery System: Effects of CO₂ Gas-Forming Agents. *International Journal of Pharmaceutics*, 239, 81–91.
- Choi, S. W., Zhang, Yu., Yi Chun Yeh, A. L. Wootena, dan Y. Xia. 2012. Biodegradable Porous Beads and Their Potential Applications in Regenerative Medicine. *Journal of Materials Chemistry.* 22, 11442–11451.
- Datta, R. 1981. Acidogenic Fermentation of Lignocellulose-Acid Yield and Conversion of Components. *Biotechnology and Bioengineering.* Vol. XXIII. Pp. 2167-2170.
- Derick, M. R., Dusan S., James M. Landry. 1999. *Infrared Spectroscopy in Conservation Science.* Los Angeles: United State of America.
- 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.
- Febrianisa, N. 2012. Preparasi dan Karakterisasi *Beads* Zink Pektinat-Kitosan Mengandung Pentoksifillin. *Skripsi.* Depok: Jurusan Farmasi FMIPA UI.
- Fengel, D. dan Weigener, G. 1995. *Kayu: Kimia, Ultra Struktur, Reaksi-reaksi.* Yogyakarta: UGM.
- Ferdiaz, S. 1989. *Mikrobiologi Pangan.* Bogor: PAU Pangan dan Gizi IPB.
- Ganstrom, M. 2009. Cellulose Derivatives: Synthesis, Properties and Applications. *Disertation.* Finland: University Helsinki Printing House.
- Gericke, M., Trygg, J., dan Fardim, P. 2013. Functional Cellulose Beads: Preparation, Characterization, and Application. *Chemical Review.* 113(7): 4812-4836.

- Halim, Auzal. 1995. *Mikrokristalin Selulosa sebagai Bahan Pembantu Pembuatan Tablet*, Jakarta: 2nd Symposium of Vivacel.
- Harris, G. H. 1988. Xanthates. In Somansundaran, P & Moudgil, B. M. (eds) *Reagents in Mineral Technology – Surfactant Science Series, volume, 27*, Marcel Dekker Inc., pp. 371-383.
- Haroen, W. K. dan Wintara, N. 2008. Rayon Filament Properties from Five Lesser Known Tropical Wood species. *Teknik Industri Pertanian*, 18(2): 94-98.
- Homagai P, Ghimire K and Inoue K 2010 Preparation and characterization of charred xanthated sugarcane bagasse for the separation of heavy metals from aqueous solutions. *Separation Science and Technology* 46 330-339.
- Horkay, F., I. Tasaki, dan P. J. Basser. 2000. Osmotic swelling of polyacrylate hidrogels in physiological salt solution. 1, 84-90.
- Khazaeli, P., A. Pardakhty, dan F. Hassanzadeh. 2008. Formulation of Ibuprofen Beads by Ionotropic Gelation. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research* 7 (3).163-170.
- Kim S.H, Song H, Nisola G.M, Ahn J, Galera M.M, Chung W.J, Lee C.H. 2006. "Adsorption of Lead Ions using Surface Modified Chitin", *Journal of Ind.Eng.Chem*, vol 12 (3):469-475
- Klemm, D. 1998. *Comprehensive Cellulose Chemistry*. Volume I. New York: Wiley-VCH.
- Kumar, A., Yuvraj S. N., Veena C., dan Nishi K. B. 2013. Characterization of Cellulose Nanocrystals Produced by Acid-Hydrolysis From Sugarcane Bagasse as Agro-Waste. *Journal of Materials Physics and Chemistry*. Vol. 2. No.1. 1-8.
- Kurniaty, I., Ummul H.H. Devi Y., dan Isnaini F. M. 2017. Proses Delignifikasi Menggunakan NaOH dan Amonia (NH₃) pada Tempurung Kelapa. *Jurnal Integrasi Proses*. Vol. 6. No.4, 197-201.
- Lee, K. Y. dan David J. Mooney. 2012. Alginate: Properties and Biomedical Applications. *Polymer Sains*, 37: 106-126.
- Lin, N., Bruzzese, C., dan Dufresne, A. 2012. TEMPO-Oxidized Nanocellulose Participating as Crosslinking Aid for Alginate-Based Sponges. *ACS Applied Material and Interfaces*, 4(9): 4948-4959
- Lucia, L. dan Ali Ayoub. 2018. Polysaccharide-based Fibers and Composites. Raleigh, NC, USA: Departement of Forest Biomaterials Nortyh Carolina University.

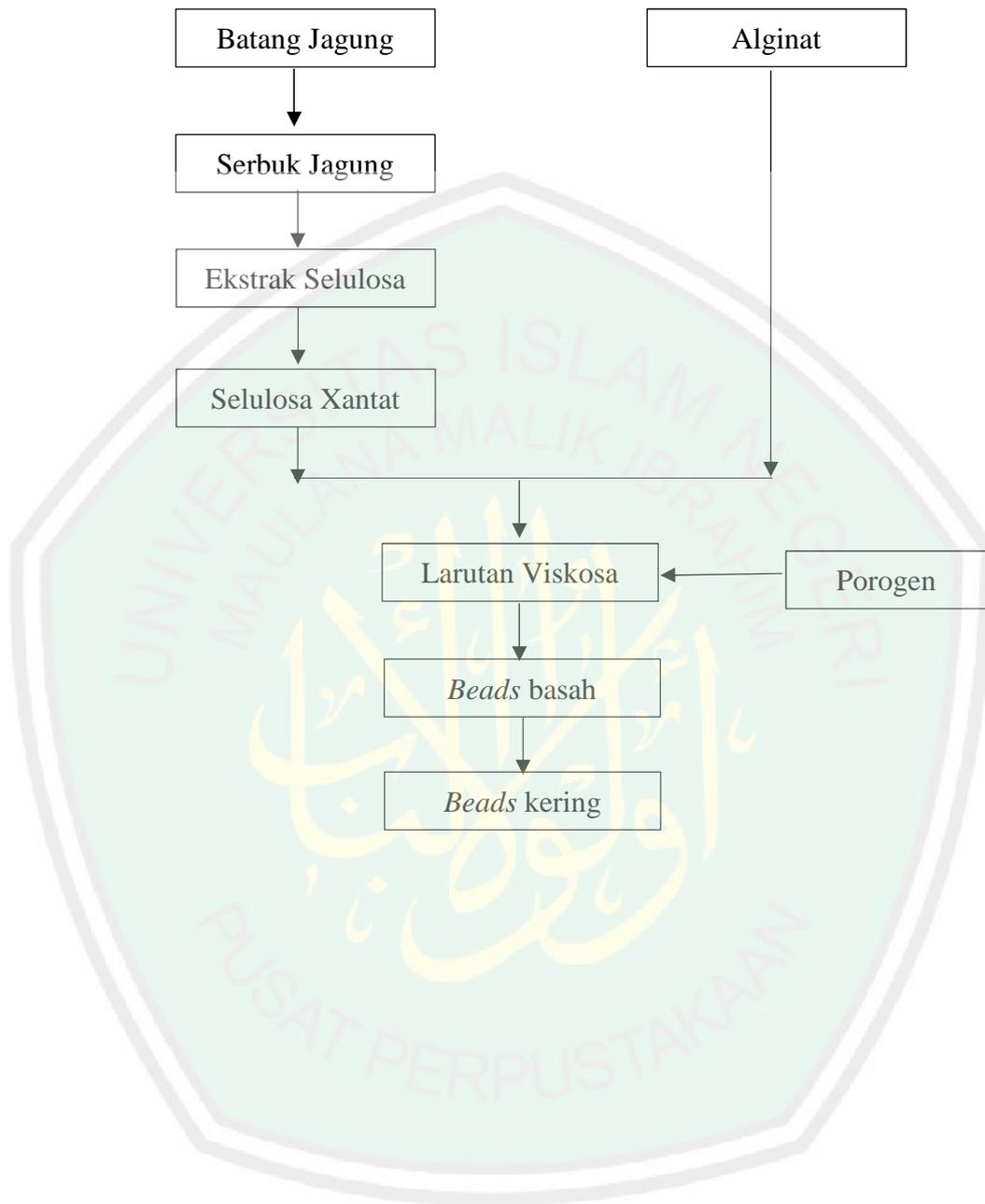
- LV, Gaojin dan Shubin Wu. 2012. Analytical Pyrolysis Studies of Corn Stalk and its Three Main Component by TG-MS and Py-GC/MS. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*.
- Mane, Sachine. 2016. Effect of Porogens (Type and Amount) on Polymer Porosity : A Review. *Canadian Chemical Transaction*. 4 (2): 210–25.
- Mc Donald, P., R. A. Edward, J. F. D. Greenhalg & C. A. Morgan. 2002. *Animal Nutrition, 6 th Edition*. Longman Scientific and Technical Co. Published in The United States with John Willey and Sons inc, New York.
- Miller, J. N dan Jane C. M. 2010. *Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry, sixth edition*. England: Pearsn Education.
- Octavia, Silvi. 2008. Efektivitas Kombinasi Proses Perendaman dengan Amoniak dan Asam Pada Pengolahan Awal Biomassa sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol. *Tesis*. Bandung: ITB.
- Okay, O. 2000. Macroporous Copolymer Networks. *Prog. Polym. Sci.*, 25, 711–779.
- Olejnik, K., S, Bogdan., Stanislawski, A., dan Robak, A. W. 2017. Swelling Properties and Generation of Cellulose Fines Originating from Bleached Kraft Pulp Refined Under Different Operating Conditions. *Cellulose* 24:3955–3967.
- Patil, J. S., Kamalapur, M. V., Marapur, S. C., dan Kadam, D. V. 2010. Ionotropic Gelation and Polyelectrolyte Complexation: The Novel Techniques to Design Hydrogel Particulate Sustained, Modulated Drug Delivery System: A Review. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 5(1):241-248.
- Peretz, S., F, Dan., Anghel., dan Vasilescu, E. 2015. Synthesis, characterization and adsorption properties of alginate porous beads. *Polym. Bull*, doi 10.1007/s00289-015-1459-4.
- Perez J., J. Munoz-Dorado, T. de la Rubia and J. Martinez. 2002. Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: an overview. *Int. Microbiol.* 5:53-63.
- Puspitasari, S. 2017. Preparasi dan Karakterisasi Komposit *Beads* Alginat-Selulosa dari Ampas Tebu melalui Metode Gelasi Ionik dengan CaCO₃ Sebagai Porogen. *Skripsi*. Malang: UIN Malang.
- Putera, R. D. H. 2012. Rekayasa Biopolimer dari Limbah Pertanian Berbasis Selulosa dan Aplikasinya Sebagai Material Separator. *Disertasi*. Bogor: Sekolah Pascasarjana IPB.
- Racovita, S., Vasiliu, S., Poapa, M., dan Luca, C. 2009. Polyssacharides based on micro- and nanoparticles obtained by ionic gelation and their application as drug delivery system. *Revue Romaine de Chimie*, 54, 709-718.

- Range, Sven and Epple, Matthias. 2012. Nanoscopic NaCl crystals as water-soluble porogens for polymer membranes. *RSC Adv.*, 2012, 2, 6650–6654
- Rika, Julfana. 2012. *Hidrolisis Enzimatik Selulosa Dari Ampas Sagu Menggunakan Campuran Selulase Dari Trichoderma Reesei Dan Aspergillus Niger*. JKK. 2(1) : 52-57
- Reddy, N. dan Y. Yang. 2005. Structure and properties of high quality natural cellulose fiber from cornstalks. *Polymer (Guildf)*. Vol.46. no.15
- Resita ET. 2006. Produksi selo-oligosakarida dari fraksi selulosa tongkol jagung oleh selulase *Trichoderma viride*. Skripsi Bogor: FTP ITB.
- Safaria, S. 2013. *Efektivitas campuran enzim selulase dari Aspergillus niger dan Trichoderma reesei dalam menghidrolisi Substrat sabut kelapa*. ISSN: 2303-1077, 2(1) : 46-51
- Sarkar, N., Ghosh, S. K., dan Satarupa B., Kaustav A. 2012. Bioethanol production from agricultural wastes: An overview: A Review. *Renewable Energy*, 37:19-27.
- Shanmugrajah, B., P. L. Kiew, I. M. L. Chew, T. S. Y. Choong, dan K. W. Tan. 2015. Isolation of nanocrystalline cellulose (NCC) from palm oil empty fruit bunch (EFB): Preliminary result on FTIR and DLS analysis. *Chem. Eng. Trans.* Vol.45. pp. 1705-1710.
- Shihab, M. Quraish. 2000. *Tafsir al-Misbah*, Volume 1, Ciputat: Lentera Hati.
- _____. 2003. *Tafsir al-Misbah*.Ciputat: Lentera Hati.
- Socrates, G. 2004. *Infrared and Raman Characteristic Group Frequencis*. Third Edition. United Kingdom: The University of West London.
- Sonmez, M., ficai, A., D., Trusca, R., dan Andronescu, E. 2016. Alginate/Cellulose Composite Beads for Enviromental Applications. *Scientific Bulletin*, 78(2): 165-176.
- Stevens, Malcolm. P. 1989. *Kimia Polimer*. Terjemahan oleh Lis Sopyan. 2007. Jakarta : Pradnya Paramita.
- Sun, R. C.; Sun, X. F.; Tomkinson, J.; Gatenholm, P.; Tenhanen, M. 2004. *Hemicelluloses and Their Derivatives*, *Science and Technology*, 2-22.
- Suvachittanont, S. dan Pookingdao W. 2013. Development of Porous Spherical Cellulose Bead Production from Corn Cob as an Exfoliating Agent for Cosmetic Industries. *Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 7(12): 1156-1163.
- Suyanto. 2015. *Biopolimer Kitosan, Fluidisasi dan Aplikasinya*. Surabaya: Airlangga University press.

- Swarbick, J. 2002. *Encyclopedia of Pharmaceutical Technology*. New York: Informa Healthcare.
- _____. 2007. *Encyclopedia of Pharmaceutical Technology, 3rd ed*, volume 4. New York: Informa Healthcare USA Inc. 2317.
- Swarbrick, J. dan Boylan, J., 1995, *Percutaneous Absorption, in Encyclopedia of Pharmaceutical Technology*, Volume 11, Marcel Dekker Inc., New York, 413-445.
- Swatloski, R. P. Holbrey, J. D., Spear, S K., dan Rogers R. D. 2002. *Ionic Liquid for the Dissolution and Regeneration of Cellulose*. Department of Chemistry and Center for Green Manufacturing, The University of Alabama.
- Tas, A. C. 2008. Preparation of Porous Apatite Granules From Calcium Phosphate Cement. *J Mater Sci: Mater Med* 19:2231–2239
- Tonnesen, H. H. dan Karlsen, Jan. 2002. REVIEW Alginate in Drug Delivery Systems. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 28(6), 621–630
- Wang, T., Li, B., dan Si, H. 2013. Preparation of Regenerated Cellulose Bead and Its Coating with Cyclodextrins. *Cellulose Chemistry and Technology*, 47(1-2): 37-47.
- Wang, K., Nune, K.C., Misra, R.D.K. 2016. The Functional Response of Alginate-Gelatin-Nanocrystalline Cellulose Injectable Hydrogels Toward Delivery of Cells and Bioactive Molecules. *Acta Biomaterialia*, 36(1) : 143-151.
- Zhang, X., Doung, G., iquan X., Stavros Y., dan Ionna M. 2017. The effect of salt concentration on swelling power, rheological properties and saltiness perception of waxy, normal and high amylose maize starch. *Food Funct.*
- Zheng, L. dan Peipei M. 2016. Preparation, characterization of cornstalk xanthates and its feasibility for Cd (II) removal from aqueous solution. *Journal of Taiwan Institute of Chemicals Engineers*. 58, 391-400.
- Zhou, Z., Liu, X., Liu, Q. 2008. A Comparative Study of Preparation of Porous Poly-1-Lactide Scaffolds Using NaHCO₃ and NaCl as Porogen Material. *J. Macromol. Sci. Part B*. 47, 667–674.
- Zugenmaier, P. 2008. *Crystalline Cellulose*. Jerman: Springer-Verlag.

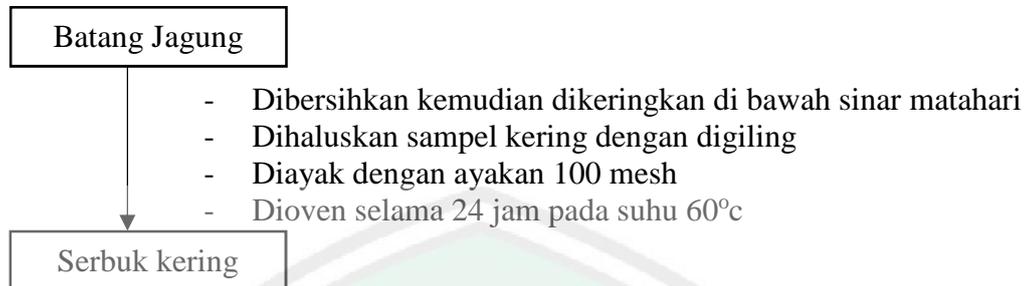
LAMPIRAN

Lampiran I Rancangan Penelitian

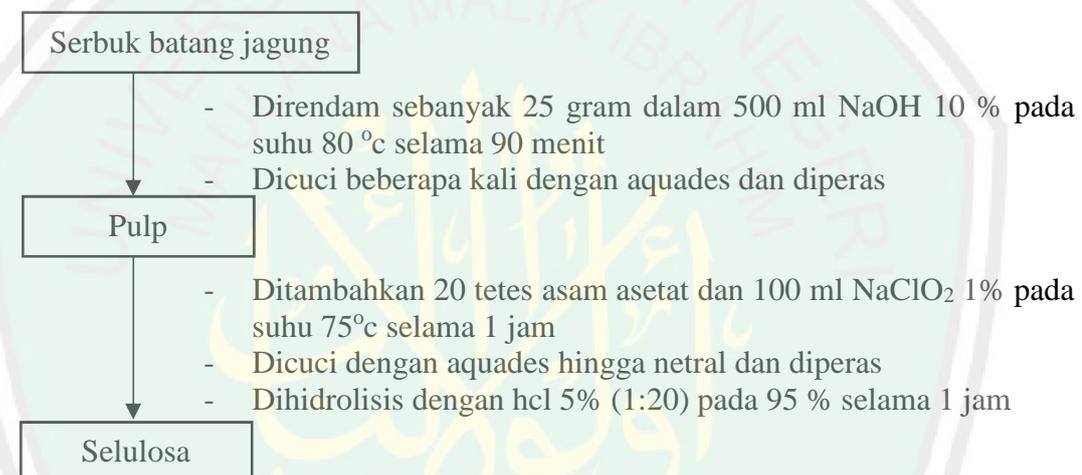


Lampiran II Skema Kerja

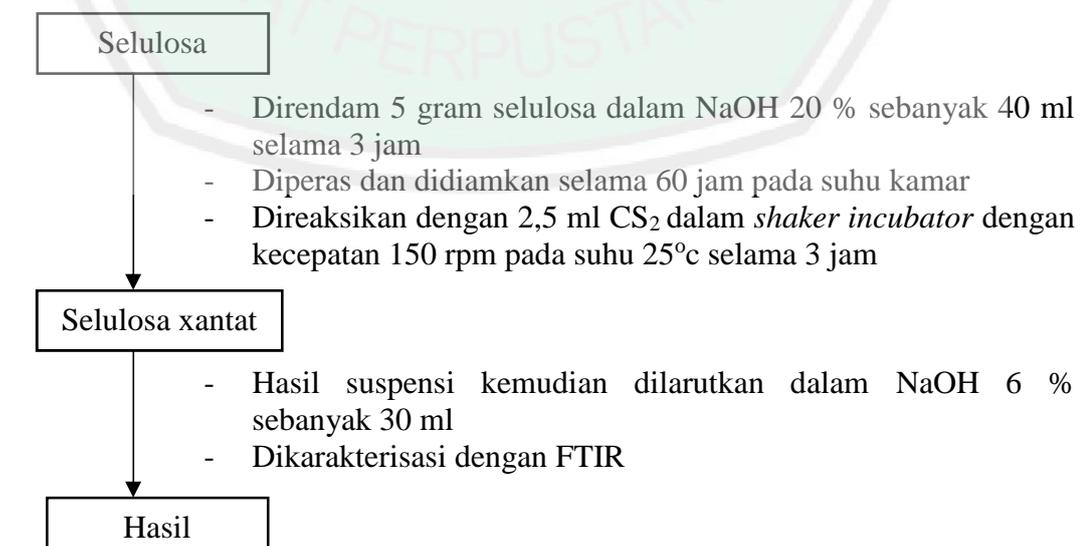
L.2.1 Preparasi Sampel



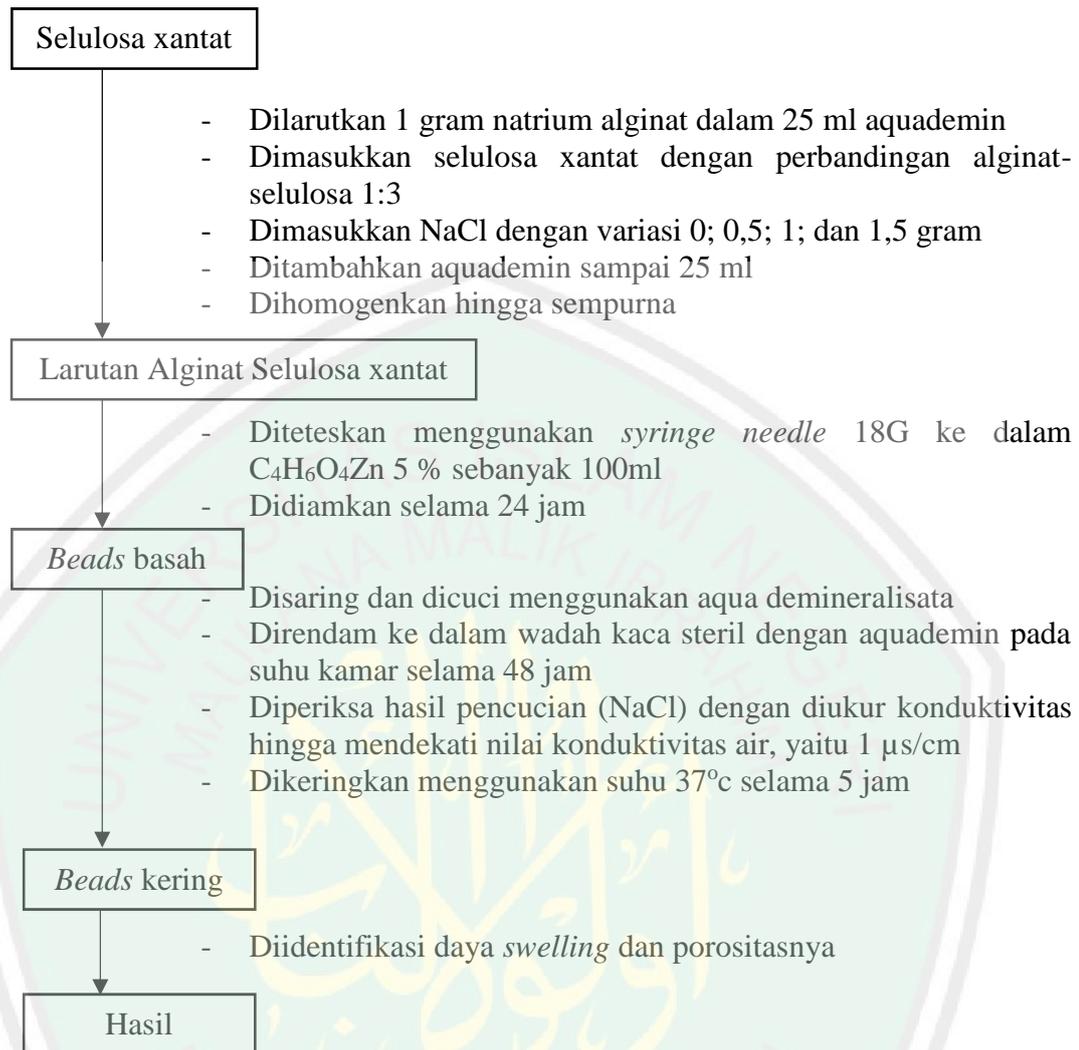
L.2.2 Ekstraksi Selulosa dari Batang Jagung



L.2.3 Pembuatan Selulosa Xantat

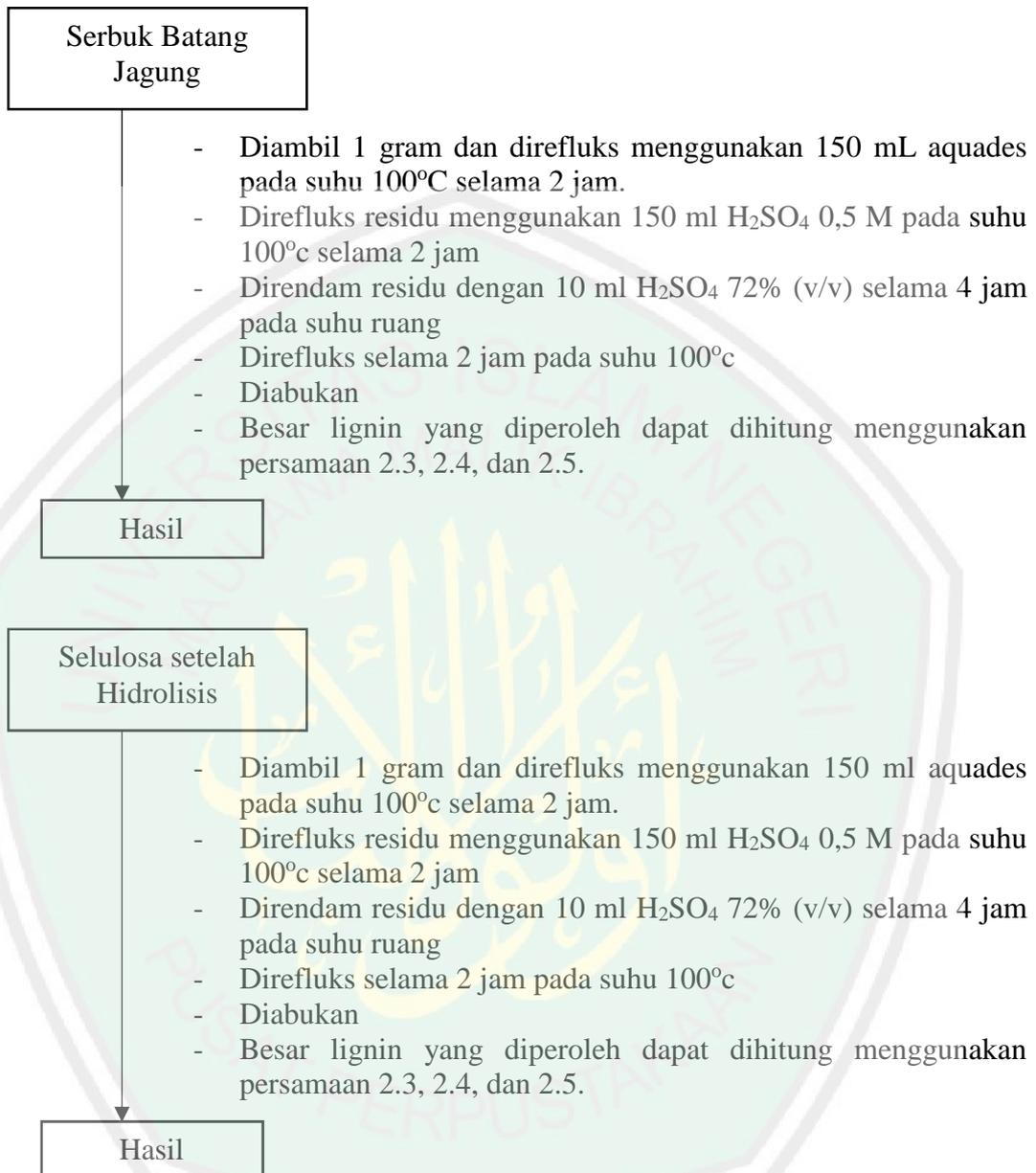


L.2.4 Penentuan Konsentrasi Terbaik NaCl dalam Pembentukan Pori *Beads*

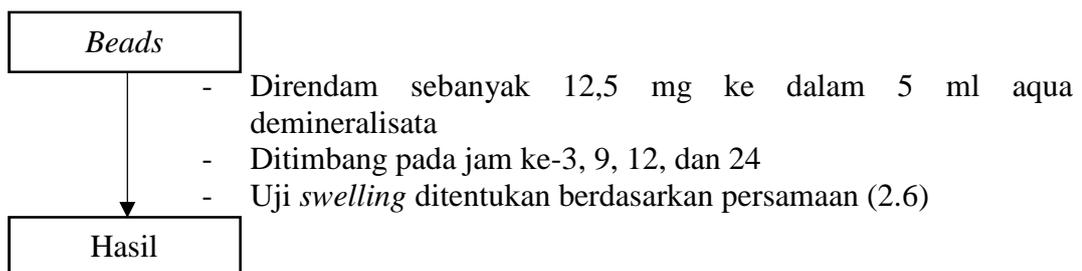


L.2.5 Karakterisasi

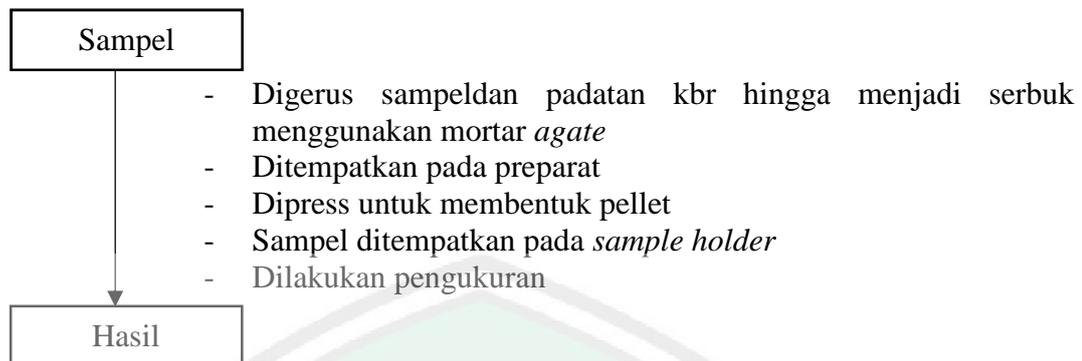
L.2.5.1 Analisis Lignoselulosa pada Serbuk Batang Jagung dan Selulosa



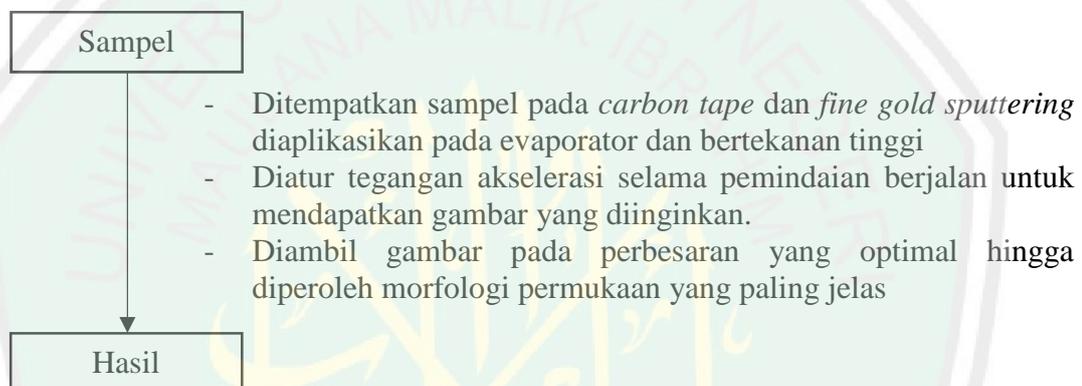
L.2.5.2 Uji *Swelling Beads*



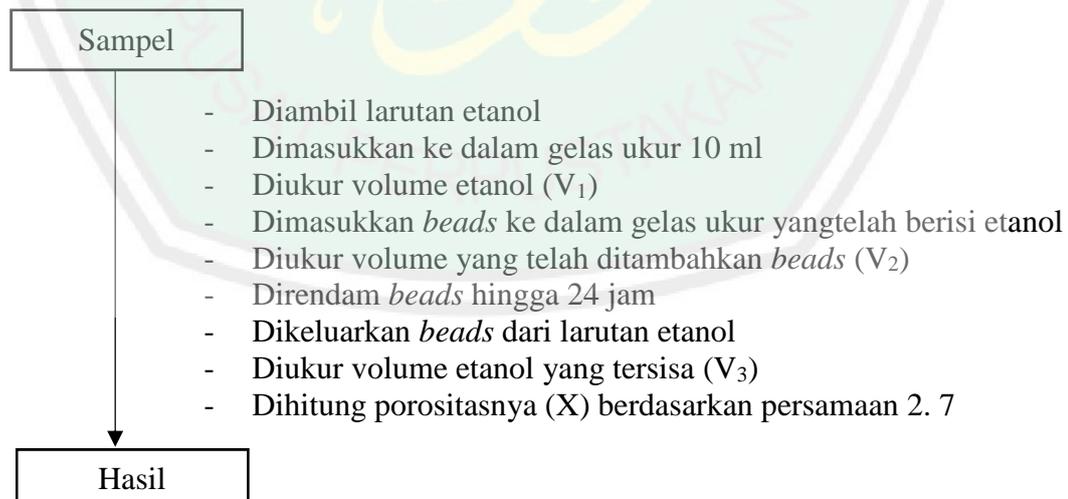
L.2.5.3 Analisis Gugus Fungsi



L.2.5.4 Analisis Morfologi Permukaan



L.2.5.5 Analisis Porositas *Beads*



Lampiran III Preparasi Larutan

L.3.1 Ekstraksi Selulosa

a. NaOH 10% dalam 1000mL

Diketahui:

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

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

Ditanya: m

Jawab:

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

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

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

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

b. NaClO₂ 1% dalam 250 mL

Diketahui:

$$M_1 = 1\%$$

$$M_2 = 25\%$$

$$V_2 = 100 \text{ mL}$$

Ditanya: V₁

Jawab:

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

$$25\% \times V_1 = 1\% \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{1\% \times 100 \text{ mL}}{25\%}$$

$$V_1 = 4 \text{ mL}$$

Jadi, larutan NaClO₂ 1% dibuat dari larutan NaClO₂ 25% dengan mengencerkan 4 mL NaClO₂ dalam 100 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 CH_3COOH 10% dibuat dari larutan CH_3COOH 99,85% dengan mengencerkan 10,02 mL CH_3COOH 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:

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

$$20\% = \frac{m}{v100 \text{ mL}}$$

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

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

$$\begin{aligned}
 \text{Randemen} &= \frac{\text{Berat setelah ekstraksi}}{\text{Berat awal}} \times 100\% \dots\dots\dots (\text{L.4.1}) \\
 &= \frac{25,0002 - 17,0363}{25,0002} \times 100\% \\
 &= 31,85 \%
 \end{aligned}$$

L.4.2 Analisis Lignin

Analisis lignoselulosa (lignin, hemiselulosa, selulosa) menggunakan metode *chesson* dan melalui perhitungan pada persamaan 2.3 . Data-data yang digunakan pada perhitungan analisis lignoselulosa diketahui, sebagai berikut:

a. Analisis Lignoselulosa pada Batang Jagung

Diketahui:

m kering sampel batang jagung (a)	= 1 gram
m kering residu sampel direfluk air panas (b)	= 0,6280 gram
m residu sampel setelah direfluk dengan 0,5 M H ₂ SO ₄ (c)	= 0,3848 gram
m residu sampel setelah diperlakukan dengan 72% H ₂ SO ₄ (d)	= 0,3017 gram
m abu dari residu sampel (e)	= 0,0245 gram

Ditanya:

Hemiselulosa, Selulosa, dan Lignin yang diperoleh. . . ?

Jawab :

$$\text{Hemiselulosa (\%)} = \frac{0,6280 - 0,3848}{1} \times 100\% = 24,32 \%$$

$$\text{Selulosa (\%)} = \frac{0,3848 - 0,3017}{1} \times 100\% = 8,31 \%$$

$$\text{Lignin (\%)} = \frac{0,3017 - 0,0245}{1} \times 100\% = 27,72 \%$$

b. Analisis Lignoselulosa pada Selulosa Setelah Hidrolisis

Diketahui:

m sampel selulosa setelah hidrolisis (a)	= 1,0004 gram
m kering residu sampel direfluk air panas (b)	= 0,8330 gram
m residu sampel setelah direfluk dengan 0,5 M H ₂ SO ₄ (c)	= 0,5833 gram
m residu sampel setelah diperlakukan dengan 72% H ₂ SO ₄ (d)	= 0,4220 gram
m abu dari residu sampel (e)	= 0,0020 gram

Ditanya:

Hemiselulosa, Selulosa, dan Lignin yang diperoleh. . . . ?

Jawab :

$$\text{Hemiselulosa (\%)} = \frac{0,8330 - 0,5833}{1,0004} \times 100\% = 24,96 \%$$

$$\text{Selulosa (\%)} = \frac{0,5833 - 0,1988}{1,0004} \times 100\% = 38,43 \%$$

$$\text{Lignin (\%)} = \frac{0,1988 - 0,0020}{1,0004} \times 100\% = 19,67 \%$$

L.4.3 Daya Swelling

Perhitungan daya *swelling beads* selulosa xantat menggunakan persamaan 2.6. Data-data yang digunakan pada perhitungan daya *swelling beads* 0,5 gr 3 jam, sebagai berikut:

$$(W_t - W_o)_{rata} = 3,37 \text{ mg}$$

$$W_o \text{ rata} = 12,8 \text{ mg}$$

Sehingga, daya *swelling*-nya, adalah:

$$\text{Swelling} = \frac{W_t - W_o}{W_o} \times 100\% = \frac{2,6}{12,8} \times 100\% = 21,09\%$$

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

Tabel L.4.1 Nilai daya *swelling beads* variasi tanpa porogen dan dengan konsentrasi porogen NaCl

<i>Beads</i>	Waktu (Jam)	Ulangan	Berat (mg)			Daya Swelling (%)
			Wo (mg)	Wt (mg)	Wt-Wo (mg)	
Tanpa Porogen	3	1	11,9	15,4	3,5	29,41
		2	10,9	14,3	3,4	31,19
		3	11,4	15	3,6	36,84
	9	1	12,6	17,2	4,6	36,51
		2	11,7	15,1	3,4	29,06
		3	12,9	17,1	4,2	32,56
	12	1	12	15,9	3,9	32,50
		2	15,2	20,5	5,3	34,87
		3	11,5	15,3	3,8	33,04
	24	1	12,6	17,3	4,7	37,30
		2	14,3	19,4	5,1	35,66
		3	12,9	17,1	4,2	32,56
NaCl 0,5 gr	3	1	12,5	15,2	2,7	21,60
		2	12,9	15,3	2,4	18,60
		3	13	16	3	23,08
	9	1	14,4	17,3	2,9	20,14
		2	13,37	16,5	2,8	20,94
		3	14	16,1	2,1	15,00
	12	1	14,2	16,1	1,9	13,38
		2	14,9	16,9	2	13,42
		3	12,7	15,1	2,4	18,90
	24	1	26	41,3	15,3	58,85
		2	26,2	43,8	17,6	67,18
		3	24,5	48,2	23,7	96,73
NaCl 1 gr	3	1	13,5	16,9	3,4	25,19
		2	12,7	15,8	3,1	24,41
		3	13,2	15,7	2,5	18,94
	9	1	14,3	18,1	3,8	26,57
		2	14	17,7	3,7	26,43
		3	13,8	17,2	3,4	24,64
	12	1	13,9	15,9	2	14,39
		2	14,3	19,8	5,5	38,46
		3	13,2	15,7	2,5	18,94
	24	1	25,5	42,7	17,2	67,45
		2	25,7	43,9	18,2	70,82
		3	24,1	42,9	18,8	78,00
NaCl 1,5gr	3	1	13,4	18,2	4,8	35,82
		2	15,6	19,7	4,1	26,28
		3	12,7	17,1	4,4	34,65
	9	1	14,3	20,2	5,9	41,26
		2	14,2	19,5	5,3	37,32

	3	15,1	18,4	3,3	21,85
	1	14,4	18,3	3,9	27,08
12	2	13,1	19,3	6,2	47,33
	3	14,8	18,3	3,5	23,65
	1	25,5	43,7	18,2	70
24	2	25,7	45,1	19,4	75,49
	3	24,1	48,6	24,5	101,66

W_0 : Berat awal *beads* sebelum *swelling*

W_t : Berat akhir *beads* setelah *swelling*

L.4.2 Porositas

Perhitungan daya porositas *beads* selulosa xantat menggunakan persamaan 2.7. Data-data yang digunakan pada perhitungan porositas *beads* 1,5 gr, sebagai berikut:

$$V_{I rata} = 5 \text{ ml}$$

$$V_{2 rata} = 5,2 \text{ ml}$$

$$V_{3 rata} = 4,6 \text{ ml}$$

$$V_{T rata} = 0,6 \text{ ml}$$

Sehingga, nilai porositasnya, adalah:

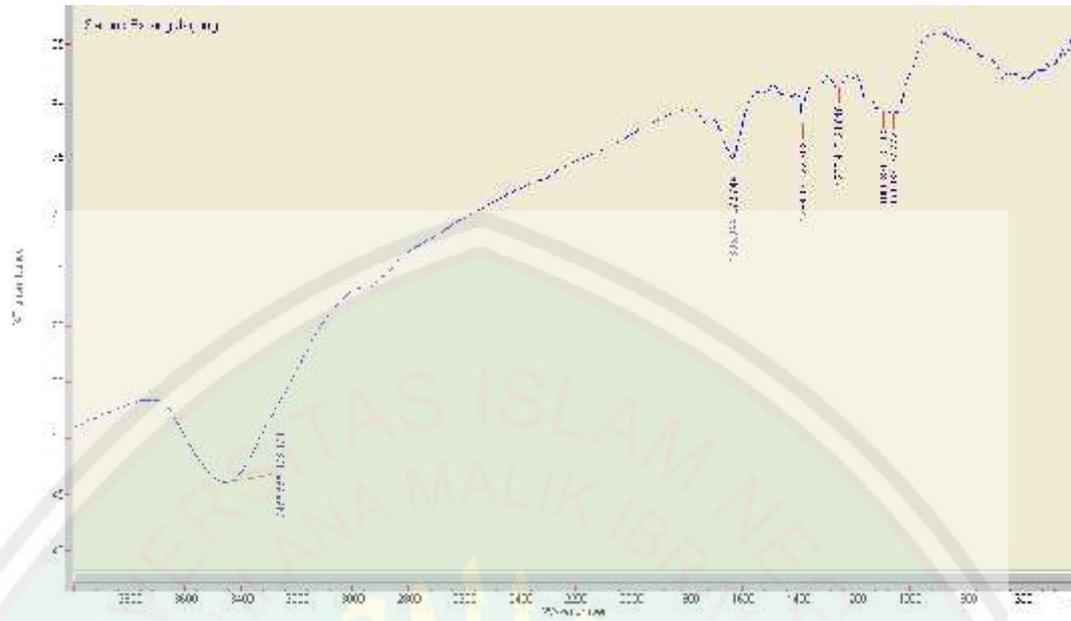
$$\text{Porositas} = \frac{V_1 - V_3}{V_T} \times 100\% = \frac{5 - 4,6}{0,6} \times 100\% = 66,67\%$$

Tabel L.4.1 Nilai daya porositas *beads* variasi tanpa porogen dan dengan konsentrasi porogen NaCl

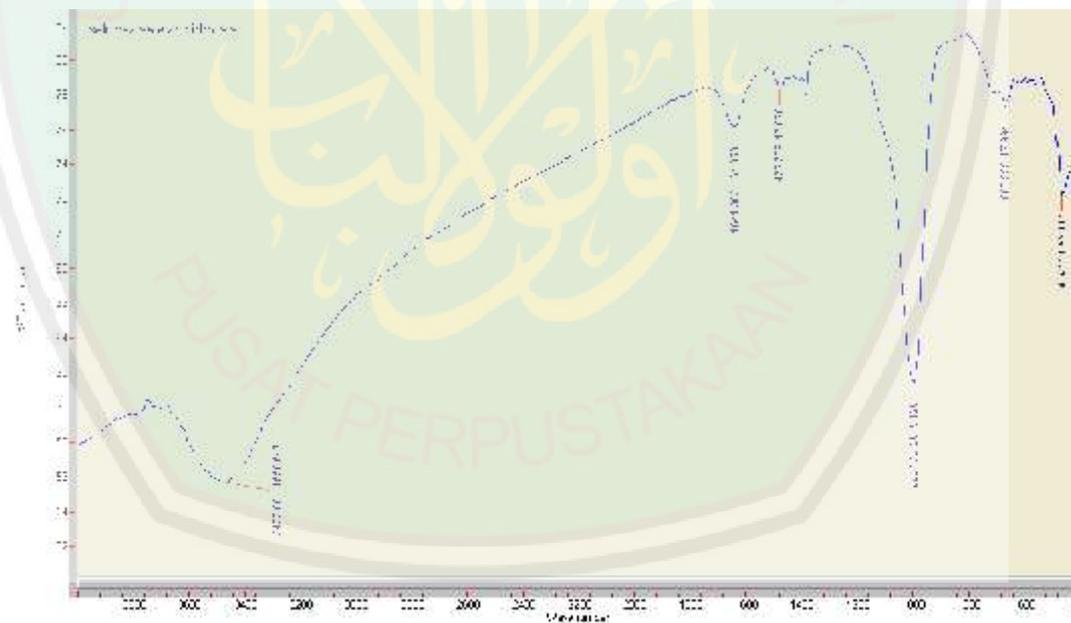
<i>Beads</i>	Ulangan	V_1 (ml)	V_2 (ml)	V_3 (ml)	$V_1 - V_3$ (ml)	V_T (ml)	X (%)
Tanpa porogen	1	5	5,2	4,75	0,25	0,45	55,56
	2	5	5,2	4,6	0,4	0,6	66,67
NaCl 0,5 gr	1	5	5,2	4,78	0,22	0,42	52,38
	2	5	5,2	4,8	0,2	0,4	50,00
NaCl 1 gr	1	5	5,2	4,8	0,2	0,4	50,00
	2	5	5,2	4,75	0,25	0,45	55,56
NaCl 1,5 gr	1	5	5,2	4,6	0,4	0,6	66,67
	2	5	5,2	4,6	0,4	0,6	66,67

Lampiran V Spektrum IR

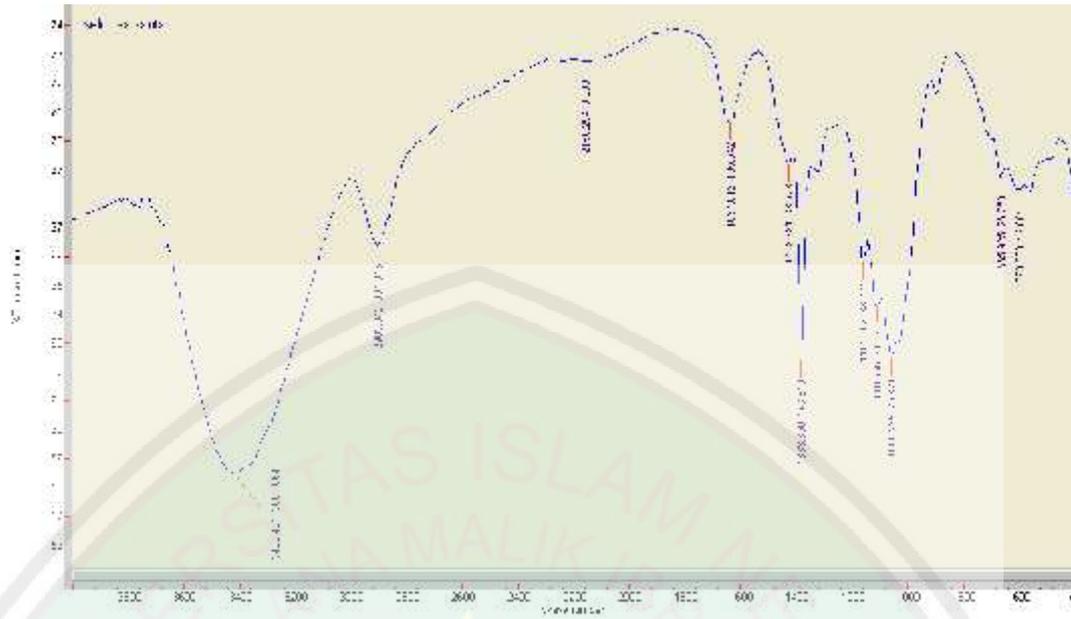
L.5.1 Serbuk Batang Jagung



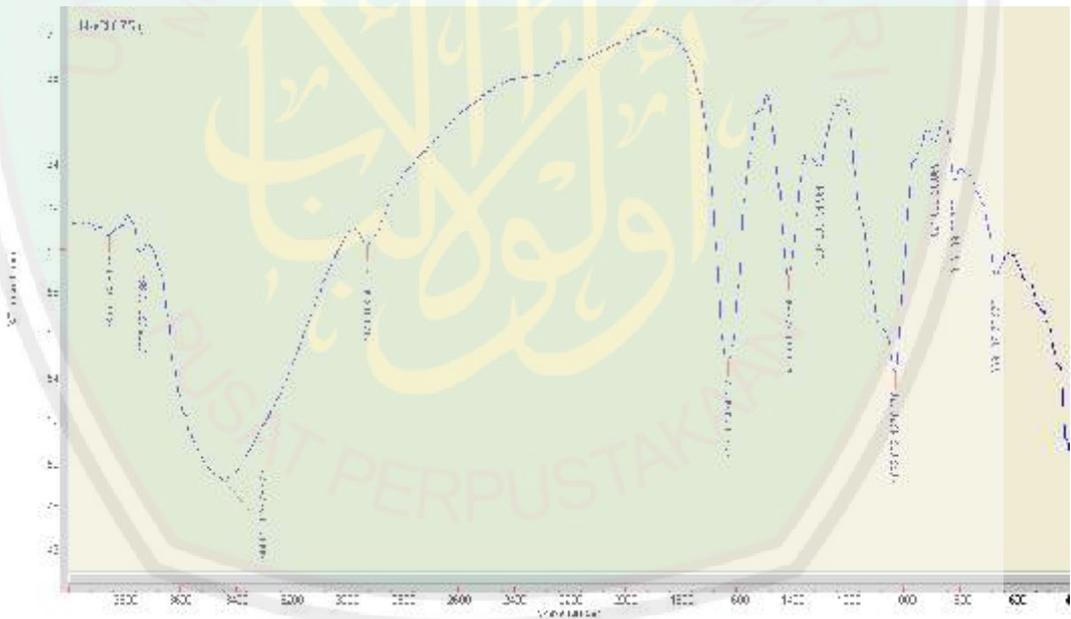
L.5.2 Selulosa Setelah Ekstraksi (hidrolisis)



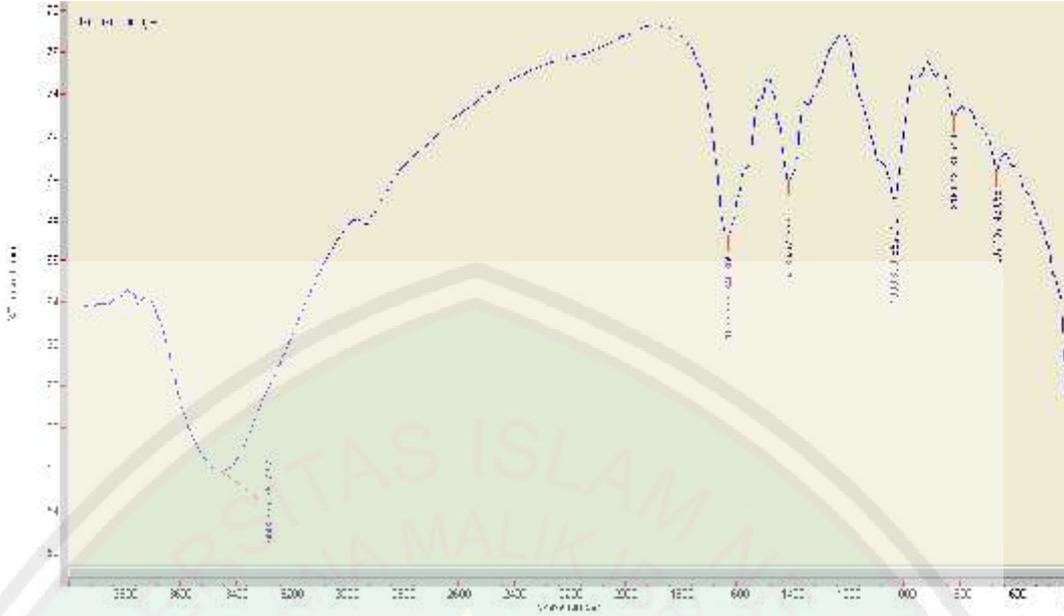
L.5.3 Selulosa Xantat



L.5.4 Beads Alginat-Selulosa Xantat dengan Porogen Terbaik NaCl 1,5 gram



L.5.5 Beads Alginat-Selulosa Xantat tanpa Porogen



Lampiran VI Hasil uji Homogenitas dan Beda Nyata Jujur (BNJ) atau Tukey Penambahan Berat dan Daya *Swelling* pada *Beads* menggunakan ANOVA SPSS

L.6.1 Hasil Uji F ANOVA Penambahan Berat Hasil *Swelling Beads Beads* Tanpa Porogen dan *Beads* Variasi

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
Variasi Porogen NaCl	1 Tanpa Porogen	3
	2 NaCl 0.5 gram	3
	3 NaCl 1 gram	3
	4 NaCl 1.5 gram	3

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Berat

Variasi Porogen NaCl	Mean	Std. Deviation	N
Tanpa Porogen	4.6667	.45092	3
NaCl 0.5 gram	18.8667	4.34089	3
NaCl 1 gram	18.0667	.80829	3
NaCl 1.5 gram	20.7000	3.34515	3
Total	15.5750	7.06259	12

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Berat

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	486.902 ^a	3	162.301	21.017	.000
Intercept	2910.968	1	2910.968	376.946	.000
NaCl	486.902	3	162.301	21.017	.000
Error	61.780	8	7.722		
Total	3459.650	12			
Corrected Total	548.682	11			

a. R Squared = .887 (Adjusted R Squared = .845)

L.6.2 Hasil Uji BNJ atau *Tukey* ANOVA Penambahan Berat Hasil *Swelling Beads Beads* Tanpa Porogen dan *Beads* Variasi NaCl

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Berat

	(I) Variasi	(J) Variasi	Mean	Std.	Sig.	95% Confidence		
	Porogen	Porogen NaCl				Interval		
	NaCl		Difference (I-J)	Error		Lower Bound	Upper Bound	
Tukey HSD	Tanpa Porogen	NaCl 0.5 gram	-14.2000*	2.26899	.001	-21.4661	-6.9339	
		NaCl 1 gram	-13.4000*	2.26899	.002	-20.6661	-6.1339	
		NaCl 1.5 gram	-16.0333*	2.26899	.000	-23.2995	-8.7672	
	NaCl 0.5 gram	Tanpa Porogen	14.2000*	2.26899	.001	6.9339	21.4661	
		NaCl 1 gram	.8000	2.26899	.984	-6.4661	8.0661	
		NaCl 1.5 gram	-1.8333	2.26899	.849	-9.0995	5.4328	
	NaCl 1 gram	Tanpa Porogen	13.4000*	2.26899	.002	6.1339	20.6661	
		NaCl 0.5 gram	-.8000	2.26899	.984	-8.0661	6.4661	
		NaCl 1.5 gram	-2.6333	2.26899	.666	-9.8995	4.6328	
	NaCl 1.5 gram	Tanpa Porogen	16.0333*	2.26899	.000	8.7672	23.2995	
		NaCl 0.5 gram	1.8333	2.26899	.849	-5.4328	9.0995	
		NaCl 1 gram	2.6333	2.26899	.666	-4.6328	9.8995	
	LSD	Tanpa Porogen	NaCl 0.5 gram	-14.2000*	2.26899	.000	-19.4323	-8.9677
			NaCl 1 gram	-13.4000*	2.26899	.000	-18.6323	-8.1677
			NaCl 1.5 gram	-16.0333*	2.26899	.000	-21.2656	-10.8010
NaCl 0.5 gram		Tanpa Porogen	14.2000*	2.26899	.000	8.9677	19.4323	
		NaCl 1 gram	.8000	2.26899	.734	-4.4323	6.0323	
		NaCl 1.5 gram	-1.8333	2.26899	.442	-7.0656	3.3990	
NaCl 1 gram		Tanpa Porogen	13.4000*	2.26899	.000	8.1677	18.6323	
		NaCl 0.5 gram	-.8000	2.26899	.734	-6.0323	4.4323	
		NaCl 1.5 gram	-2.6333	2.26899	.279	-7.8656	2.5990	
NaCl 1.5 gram		Tanpa Porogen	16.0333*	2.26899	.000	10.8010	21.2656	
		NaCl 0.5 gram	1.8333	2.26899	.442	-3.3990	7.0656	
		NaCl 1 gram	2.6333	2.26899	.279	-2.5990	7.8656	

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 7.722.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

Berat				
	Variasi Porogen NaCl	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD ^{a,b}	Tanpa Porogen	3	4.6667	
	NaCl 1 gram	3		18.0667
	NaCl 0.5 gram	3		18.8667
	NaCl 1.5 gram	3		20.7000
	Sig.			1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 7.722.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

L.6.3 Hasil Uji F ANOVA Daya Swelling Tanpa Porogen dan Beads Variasi NaCl

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
Variasi Porogen NaCl	1 Tanpa Porogen	3
	2 NaCl 0,5 gram	3
	3 NaCl 1 gram	3
	4 NaCl 1,5 gram	3

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Swelling

Variasi Porogen NaCl	Mean	Std. Deviation	N
Tanpa Porogen	35.1733	2.40718	3
NaCl 0,5 gram	74.2533	19.90597	3
NaCl 1 gram	72.0900	5.38844	3
NaCl 1,5 gram	82.3833	16.91826	3
Total	65.9750	22.16941	12

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Swelling

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3971.700 ^a	3	1323.900	7.383	.011
Intercept	52232.407	1	52232.407	291.270	.000
NaCl	3971.700	3	1323.900	7.383	.011
Error	1434.610	8	179.326		
Total	57638.718	12			
Corrected Total	5406.310	11			



L.6.4 Hasil Uji BNJ atau *Tukey ANOVA Daya Swelling Beads Tanpa Porogen dan Beads Variasi NaCl*

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Swelling

	(I) Variasi Porogen NaCl	(J) Variasi Porogen NaCl	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	Tanpa Porogen	NaCl 0,5 gram	-39.0800*	10.93393	.030	-74.0943	-4.0657
		NaCl 1 gram	-36.9167*	10.93393	.039	-71.9310	-1.9024
		NaCl 1,5 gram	-47.2100*	10.93393	.011	-82.2243	-12.1957
	NaCl 0,5 gram	Tanpa Porogen	39.0800*	10.93393	.030	4.0657	74.0943
		NaCl 1 gram	2.1633	10.93393	.997	-32.8510	37.1776
		NaCl 1,5 gram	-8.1300	10.93393	.877	-43.1443	26.8843
	NaCl 1 gram	Tanpa Porogen	36.9167*	10.93393	.039	1.9024	71.9310
		NaCl 0,5 gram	-2.1633	10.93393	.997	-37.1776	32.8510
		NaCl 1,5 gram	-10.2933	10.93393	.784	-45.3076	24.7210
	NaCl 1,5 gram	Tanpa Porogen	47.2100*	10.93393	.011	12.1957	82.2243
		NaCl 0,5 gram	8.1300	10.93393	.877	-26.8843	43.1443
		NaCl 1 gram	10.2933	10.93393	.784	-24.7210	45.3076
LSD	Tanpa Porogen	NaCl 0,5 gram	-39.0800*	10.93393	.007	-64.2937	-13.8663
		NaCl 1 gram	-36.9167*	10.93393	.010	-62.1304	-11.7030
		NaCl 1,5 gram	-47.2100*	10.93393	.003	-72.4237	-21.9963
	NaCl 0,5 gram	Tanpa Porogen	39.0800*	10.93393	.007	13.8663	64.2937
		NaCl 1 gram	2.1633	10.93393	.848	-23.0504	27.3770
		NaCl 1,5 gram	-8.1300	10.93393	.478	-33.3437	17.0837
	NaCl 1 gram	Tanpa Porogen	36.9167*	10.93393	.010	11.7030	62.1304
		NaCl 0,5 gram	-2.1633	10.93393	.848	-27.3770	23.0504
		NaCl 1,5 gram	-10.2933	10.93393	.374	-35.5070	14.9204
	NaCl 1,5 gram	Tanpa Porogen	47.2100*	10.93393	.003	21.9963	72.4237
		NaCl 0,5 gram	8.1300	10.93393	.478	-17.0837	33.3437
		NaCl 1 gram	10.2933	10.93393	.374	-14.9204	35.5070

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 179.326.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

Swelling				
	Variasi Porogen NaCl	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD ^{a,b}	Tanpa Porogen	3	35.1733	
	NaCl 1 gram	3		72.0900
	NaCl 0,5 gram	3		74.2533
	NaCl 1,5 gram	3		82.3833
	Sig.		1.000	.784

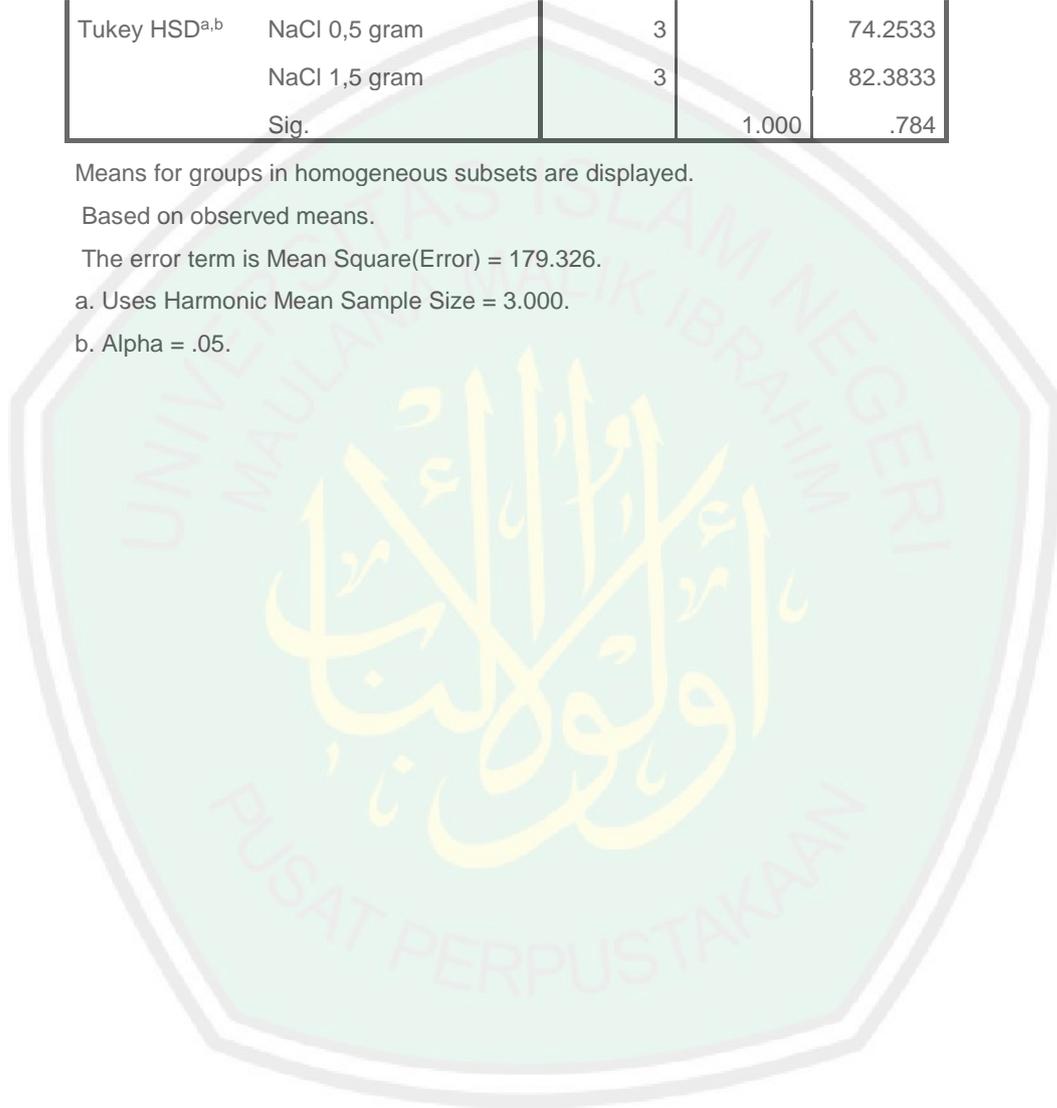
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 179.326.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.



Lampiran VII Hasil uji Homogenitas dan Beda Nyata Jujur (BNJ) atau Tukey Porositas pada *Beads* menggunakan ANOVA SPSS

L.7.1 Hasil Uji F ANOVA Porositas Tanpa Porogen dan *Beads* Variasi NaCl

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
Variasi Porogen NaCl	1 Tanpa Porogen	2
	2 NaCl 0,5 gram	2
	3 NaCl 1 gram	2
	4 NaCl 1,5 gram	2

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Porositas

Variasi Porogen NaCl	Mean	Std. Deviation	N
Tanpa Porogen	61.1150	7.85596	2
NaCl 0,5 gram	51.1900	1.68291	2
NaCl 1 gram	52.7800	3.93151	2
NaCl 1,5 gram	66.6700	.00000	2
Total	57.9388	7.53059	8

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Porositas

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	316.963 ^a	3	105.654	5.282	.071
Intercept	26855.190	1	26855.190	1342.675	.000
NaCl	316.963	3	105.654	5.282	.071
Error	80.005	4	20.001		
Total	27252.158	8			
Corrected Total	396.968	7			

a. R Squared = .798 (Adjusted R Squared = .647)

Estimated Marginal Means

Grand Mean

Dependent Variable: Porositas

Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound
57.939	1.581	53.549	62.329

L.7.2 Hasil Uji BNJ atau *Tukey* ANOVA Porositas Tanpa Porogen dan *Beads* Variasi NaCl

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Porositas

	(I) Variasi Porogen NaCl	(J) Variasi Porogen NaCl	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	Tanpa Porogen	NaCl 0,5 gram	9.9250	4.47228	.260	-8.2810	28.1310
		NaCl 1 gram	8.3350	4.47228	.367	-9.8710	26.5410
		NaCl 1,5 gram	-5.5550	4.47228	.637	-23.7610	12.6510
	NaCl 0,5 gram	Tanpa Porogen	-9.9250	4.47228	.260	-28.1310	8.2810
		NaCl 1 gram	-1.5900	4.47228	.983	-19.7960	16.6160
		NaCl 1,5 gram	-15.4800	4.47228	.083	-33.6860	2.7260
	NaCl 1 gram	Tanpa Porogen	-8.3350	4.47228	.367	-26.5410	9.8710
		NaCl 0,5 gram	1.5900	4.47228	.983	-16.6160	19.7960
		NaCl 1,5 gram	-13.8900	4.47228	.113	-32.0960	4.3160
	NaCl 1,5 gram	Tanpa Porogen	5.5550	4.47228	.637	-12.6510	23.7610
		NaCl 0,5 gram	15.4800	4.47228	.083	-2.7260	33.6860
		NaCl 1 gram	13.8900	4.47228	.113	-4.3160	32.0960
LSD	Tanpa Porogen	NaCl 0,5 gram	9.9250	4.47228	.091	-2.4920	22.3420
		NaCl 1 gram	8.3350	4.47228	.136	-4.0820	20.7520
		NaCl 1,5 gram	-5.5550	4.47228	.282	-17.9720	6.8620
	NaCl 0,5 gram	Tanpa Porogen	-9.9250	4.47228	.091	-22.3420	2.4920
		NaCl 1 gram	-1.5900	4.47228	.740	-14.0070	10.8270
		NaCl 1,5 gram	-15.4800*	4.47228	.026	-27.8970	-3.0630
	NaCl 1 gram	Tanpa Porogen	-8.3350	4.47228	.136	-20.7520	4.0820
		NaCl 0,5 gram	1.5900	4.47228	.740	-10.8270	14.0070
		NaCl 1,5 gram	-13.8900*	4.47228	.036	-26.3070	-1.4730
	NaCl 1,5 gram	Tanpa Porogen	5.5550	4.47228	.282	-6.8620	17.9720
		NaCl 0,5 gram	15.4800*	4.47228	.026	3.0630	27.8970
		NaCl 1 gram	13.8900*	4.47228	.036	1.4730	26.3070

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 20.001.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

Porositas			
	Variasi Porogen NaCl	N	Subset
			1
Tukey HSD ^{a,b}	NaCl 0,5 gram	2	51.1900
	NaCl 1 gram	2	52.7800
	Tanpa Porogen	2	61.1150
	NaCl 1,5 gram	2	66.6700
	Sig.		

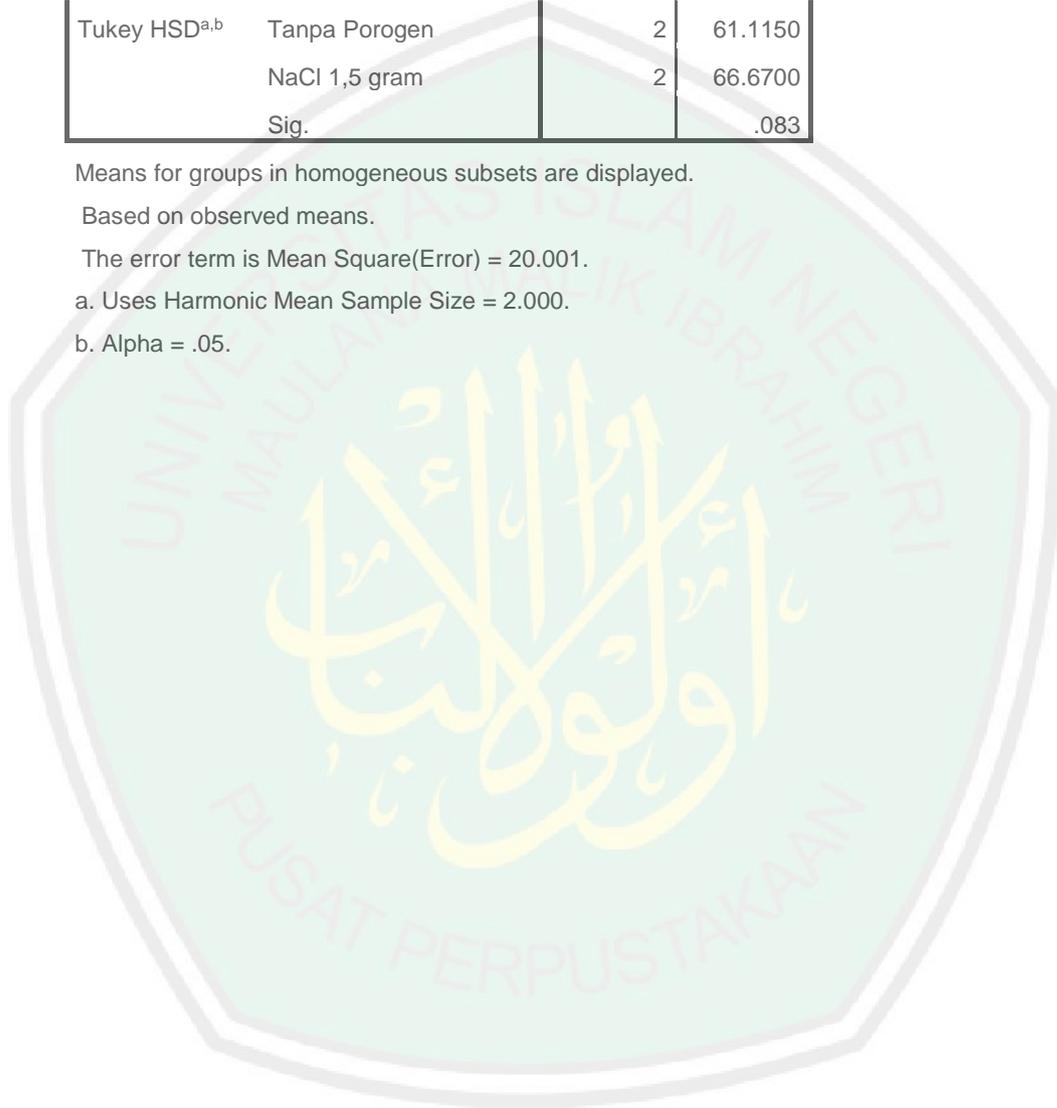
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 20.001.

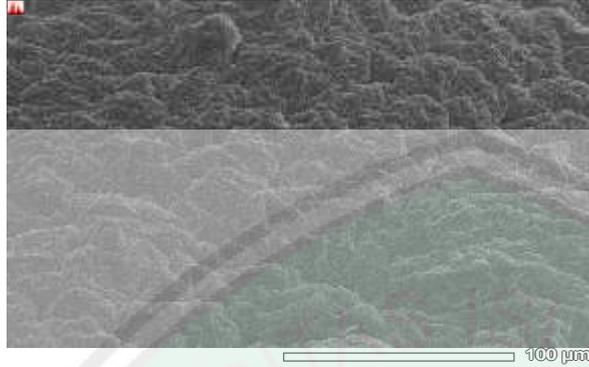
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

b. Alpha = .05.



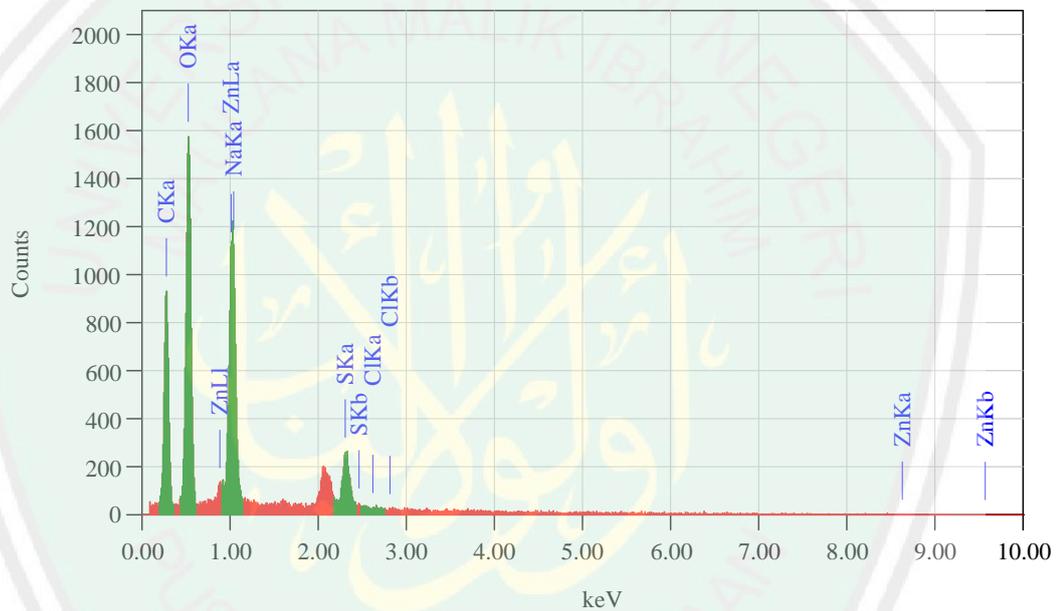
Lampiran VIII Hasil Uji Morfologi *Beads* Menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM-EDX)

L.7.1 *Beads* NaCl 1,5 gram



Title : IMG1

 Instrument: 6510(LA)
 Volt : 10.00 kV
 Mag. : x 500
 Date : 2018/10/01
 Pixel : 512 x 384



ZAF Method Standardless Quantitative Analysis

Fitting Coefficient : 0.5034

Element (keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation	K
C K	45.37	0.23	59.12		34.0950		
O K	32.38	0.28	31.68		39.3501		
Na K	6.68	0.24	4.55		8.3388		
S K*	3.72	0.28	1.82		5.7553		
Cl K*	0.02	0.37	0.01		0.0247		
Zn L*	11.84	0.40	2.83		12.4361		
Total	100.00		100.00				

Acquisition Parameter

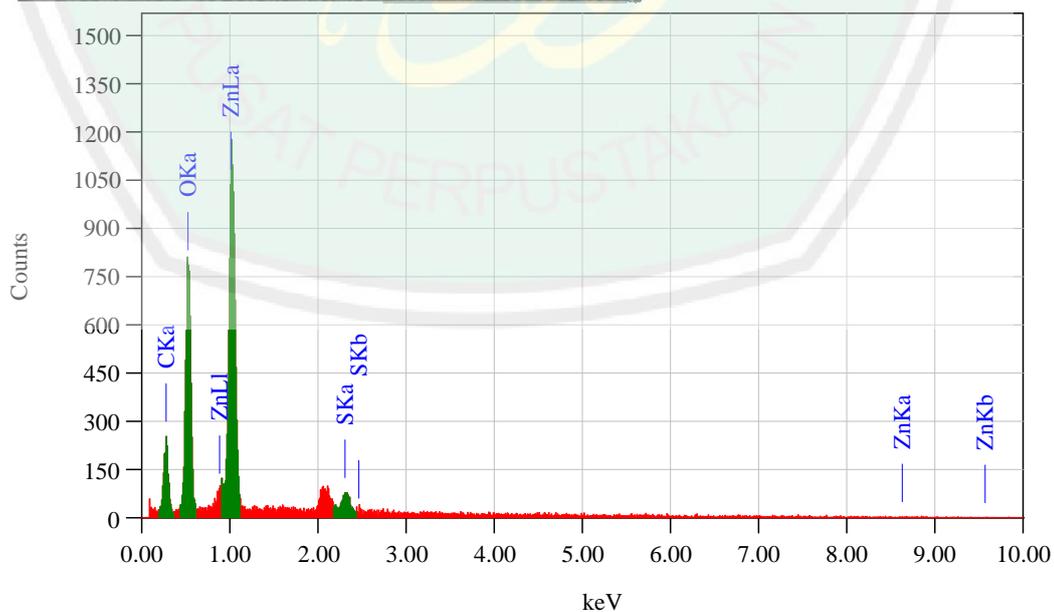
Instrument : 6510(LA)
Acc. Voltage : 10.0 kV
Probe Current : 1.00000 nA
PHA mode : T3
Real Time : 51.92 sec
Live Time : 49.26 sec
Dead Time : 5 %
Counting Rate : 973 cps
Energy Range : 0 - 20 keV

L.7.2 Beads Tanpa Porogen



Title : IMG1

Instrument: 6510(LA)
Volt : 10.00 kV
Mag. : x 500
Date : 2018/10/01
Pixel : 512 x 384



ZAF Method Standardless Quantitative Analysis

Fitting Coefficient : 0.5493

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

Acquisition Parameter

Instrument : 6510(LA)

Acc. Voltage : 10.0 kV

Probe Current : 1.00000 nA

PHA mode : T3

Real Time : 51.79 sec

Live Time : 50.00 sec

Dead Time : 3 %

Counting Rate : 614 cps