

**PREPARASI dan KARAKTERISASI BEADS ALGINAT:SELULOSA
XANTAT dari AMPAS TEBU melalui METODE GELASI IONIK dengan
CaCO₃ sebagai POROGEN**

SKRIPSI

oleh:

SINDI PUSPITASARI

NIM. 12630053



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2017**

**PREPARASI dan KARAKTERISASI *BEADS* ALGINAT:SELULOSA
XANTAT dari AMPAS TEBU melalui METODE GELASI IONIK dengan
CaCO₃ sebagai POROGEN**

SKRIPSI

oleh:
SINDI PUSPITASARI
NIM. 12630053

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
2017

**PREPARASI dan KARAKTERISASI *BEADS* ALGINAT:SELULOSA
XANTAT dari AMPAS TEBU melalui METODE GELASI IONIK dengan
CaCO₃ sebagai POROGEN**

SKRIPSI

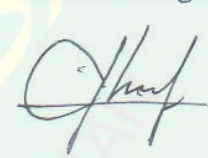
oleh:
SINDI PUSPITASARI
NIM. 12630053

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal: 24 November 2017

Pembimbing I


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

Pembimbing II


Ahmad Hanapi, M.Sc
NIDT. 19851225 20160801 1 069

Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia




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

**PREPARASI dan KARAKTERISASI *BEADS* ALGINAT:SELULOSA
XANTAT dari AMPAS TEBU melalui METODE GELASI IONIK dengan
CaCO₃ sebagai POROGEN**

SKRIPSI

oleh:
SINDI PUSPITASARI
NIM. 12630053

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 24 November 2017

Penguji Utama : Dr. Anton Prasetyo, M.Si
NIP. 19770925 200604 1 003

Ketua Penguji : Lilik Miftahul Khoiroh, M.Si
LB. 63026

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

Anggota Penguji : Ahmad Hanapi, M.Sc
NIDT. 19851225 20160801 1 069

(.....)

(.....)

(.....)

(.....)

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Kimia



Elok Kamilah Hayati, M.Si
NIP. 19790628 200604 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Sindi Puspitasari
NIM : 12630053
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Preparasi dan Karakterisasi *Beads* Alginat:Selulosa Xantat dari Ampas Tebu melalui Metode Gelasi Ionik dengan CaCO_3 sebagai Porogen

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran 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, 24 November 2017
Yang membuat pernyataan,



Sindi Puspitasari
NIM. 12630053



MOTTO

“Orang-orang yang sukses telah belajar membuat diri mereka melakukan hal yang harus dikerjakan ketika hal itu memang harus dikerjakan, entah mereka menyukainya atau tidak” (Aldus Huxley).

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 **“Preparasi dan Karakterisasi *Beads* Alginat:Selulosa Xantat dari Ampas Tebu melalui Metode Gelasi Ionik dengan CaCO_3 sebagai Porogen”**. 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 *terselesaikannya* skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Elok Kamilah Hayati, M.Si., selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Eny Yulianti, M.Si. dan Ahmad Hanapi, M.Sc., selaku dosen pembimbing 1 dan pembimbing 2 yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan.
5. Dr. Anton Prasetyo, M.Si. dan Lilik Miftahul Khoiroh, M.Si., selaku penguji utama dan konsultan yang telah memberikan pengarahan.
6. Segenap civitas akademika Jurusan Kimia, terutama seluruh dosen, terima kasih atas segenap ilmu dan bimbingannya.
7. Bapak, ibu, dan adik tercinta yang senantiasa memberikan do'a dan restunya kepada penulis dalam menuntut ilmu.
8. Tim beads yaitu Anne, Lilis, dan Faiq, terima kasih telah memberikan motivasi, pengetahuan, *canda* tawa, dan segala bentuk bantuan kepada penulis dalam penelitian ini.
9. 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, 24 November 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
MOTTO	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
المستخلص	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR RUMUS	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Batasan Masalah	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 7
2.1 Ampas Tebu sebagai Sumber Biopolimer	7
2.2 Selulosa	7
2.2.1 Ekstraksi Selulosa Ampas Tebu	9
2.2.1.1 Proses Delignifikasi	10
2.2.1.2 Proses <i>Bleaching</i>	11
2.2.2 Hidrolisis dari Ekstrak Selulosa	12
2.2.3 Regenerasi Selulosa	12
2.3 Potensi Natrium Alginat sebagai <i>Beads</i>	14
2.4 Pembuatan <i>Beads</i>	15
2.5 Karakterisasi	16
2.5.1 Densitas, Viskositas, dan Berat Molekul	16
2.5.2 Daya Mengembang (<i>Swelling</i>)	18
2.5.3 <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR)	19
2.5.4 <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC)	21
2.6 Perspektif Islam dan Sains	23
 BAB III METODOLOGI	 25
3.1 Pelaksanaan Penelitian	25

3.2	Alat dan Bahan.....	25
3.2.1	Alat.....	25
3.2.2	Bahan.....	25
3.3	Rancangan Penelitian.....	25
3.4	Tahapan Penelitian.....	26
3.5	Pelaksanaan Penelitian.....	27
3.5.1	Preparasi Sampel.....	27
3.5.2	Ekstraksi Selulosa dari Ampas Tebu.....	27
3.5.3	Penentuan Konsentrasi Terbaik NaOH dalam Pembuatan Larutan Viskosa.....	27
3.5.4	Penentuan Konsentrasi Terbaik NaOH dalam Pembuatan <i>Beads</i>	28
3.5.5	Penentuan Komposisi Terbaik Alginat:Selulosa Xantat dalam Pembuatan <i>Beads</i>	28
3.5.6	Karakterisasi.....	29
3.5.5.1	Densitas, Viskositas, dan Berat Molekul	29
3.5.5.2	Uji <i>Swelling Beads</i>	30
3.5.5.3	Analisis Gugus Fungsi	30
3.5.5.4	Analisis Termal	30
3.5.7	Analisis Data	30
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1	Ekstraksi Selulosa	31
4.2	Konsentrasi Terbaik NaOH dalam Pembuatan Larutan Viskosa.....	35
4.3	Konsentrasi Terbaik NaOH dalam Pembuatan <i>Beads</i>	37
4.4	Komposisi Terbaik Alginat:Selulosa Xantat dalam Pembuatan <i>Beads</i>	39
4.5	Perspektif Islam dan Sains	43
BAB V	PENUTUP	45
5.1	Kesimpulan	45
5.2	Saran.....	45
	DAFTAR PUSTAKA.....	46
	LAMPIRAN.....	48

ABSTRAK

Puspitasari, S. 2017. Preparasi dan Karakterisasi *Beads* Alginat:Selulosa Xantat dari Ampas Tebu melalui Metode Gelasi Ionik dengan CaCO_3 sebagai Porogen. Pembimbing I: Eny Yulianti, M.Si; Pembimbing II: Ahmad Hanapi, M.Sc.

Kata Kunci: Ekstrak Selulosa, Ampas Tebu, Alginat, *Beads*, Gelasi Ionik

Komposit adalah campuran dari dua atau lebih material yang terdiri dari matriks yang berfungsi sebagai pengikat dan penguat. Salah satu komposit polimer adalah alginat:selulosa xantat, yang merupakan polimer alam bersifat anionik, biodegradabel, dan biokompatibel. Salah satu sumber selulosa adalah limbah ampas tebu, yaitu sisa pengambilan nira, umumnya merupakan 30-40% bagian tebu dan memiliki kadar selulosa 50%.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi NaOH terbaik dalam pembuatan larutan viskosa dan alginat:selulosa xantat *beads*, serta komposisi alginat:selulosa xantat terbaik dalam pembuatan *beads*. Komposit *beads* alginat:selulosa xantat dibuat dengan teknik *dropping* melalui metode gelasi ionik dengan penaut silang Zn^{2+} dan porogen CaCO_3 . Variasi konsentrasi NaOH dalam pembuatan larutan viskosa 4, 6, 8% dan komposisi alginat:selulosa xantat 2:0, 2:2, 2:6, 2:16, dan 2:30. Larutan viskosa yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi berdasarkan densitas, viskositas, dan berat molekul. Kemampuan mengembang *beads* dianalisis berdasarkan daya *swelling*. Senyawa penyusun sampel dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan analisis termal menggunakan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC).

Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa konsentrasi terbaik NaOH dalam pembuatan larutan viskosa adalah 6%, berdasarkan nilai densitas tertinggi sebesar 1,099 gr/ml, viskositas 0,024 Pa.s, dan berat molekul 171.686 gr/mol. Konsentrasi terbaik NaOH pada pembuatan *beads* alginat:selulosa xantat adalah 6%, berdasarkan nilai daya *swelling* tertinggi sebesar 50,8% dan intensitas gugus OH tertinggi pada spektrum IR. Komposisi terbaik alginat:selulosa xantat dalam pembuatan komposit *beads* adalah 2:6, berdasarkan dapat terbentuknya *beads*, nilai daya *swelling* tertinggi sebesar 63,8%, dan memiliki nilai ΔH_f sebesar 5 J/g.

ABSTRACT

Puspitasri, S. 2017. The Preparation and Characterization of Alginate:Cellulose Xanthate Beads from Bagasse by Ionic Gelation Method with CaCO_3 as Porogen. Supervisor I: Eny Yulianti, M.Si; Supervisor II: Ahmad Hanapi, M.Sc.

Keywords: Cellulose Extract, Bagasse, Alginate, Beads, Ionic Gelation

The composite is a mixture of two or more materials that consists a matrix that acts as a binder and amplifier. One of the polymer composites is alginate:cellulose, which is an anionic, biodegradable, and biocompatible natural polymer. One of cellulosesources is waste of bagasse, namely the rest of the nira, generally 30-40% of sugar cane and it has cellulose content of 50%.

The research aimed at determining the best NaOH concentration in making viscose and alginate:cellulose xanthate beads, and the best composition of alginate:cellulose xanthate in making the composite of beads. Alginate:cellulose xanthate beads was made by dropping technique through ionic gelation method with crosslinking of Zn^{2+} and porogen of CaCO_3 . Variation of NaOH concentration in making viscose solution which are 4, 6, 8% and composition of alginate:cellulose xanthate which are 2:0, 2:2, 2:6, 2:16, and 2:30. The viscose solution was characterized by density, viscosity, and molecular weight. The ability of beads was analyzed by swelling power. The sample compound was characterized using Fourier Transform Infra Red (FTIR) and thermal analysis that used Differential Scanning Calorimetry (DSC).

The results of characterization showed that the best concentration of NaOH in making viscose solution was 6%, based on the highest density value was 1.099 gr/ml, viscosity was 0.024 Pa.s, and molecular weight was 171,686 gr/mol. The best concentration of NaOH in making alginate:cellulose xanthate beads was 6%, based on the highest swelling power value was 50.8% and the highest OH group intensity on the spectrum of IR. The best composition of alginate:cellulose xanthate in making composite beads was 2:6, based on the formation of beads, the highest swelling power value was 63.8%, and it had a value of ΔH_f namely 5 J/g.

المستخلص

فوسفيتسارى، س. ٢٠١٧. تحضير الخرز الجينات: السليلوزية وتوصيفه من المصاصة بطريقة دبق الأيونية مع كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ كبروروغين . المشرفة الأولى: إيني يولياني، الماجستير؛ المشرف الثاني: أحمد حنفي، الماجستير.

الكلمات الرئيسية: استخراج السليلوز، قصب السكر، الجينات، الخرز، الهلام الأيونية

المركب هو الخليط من اثنين أو أكثر المواد التي تحتوي على مصفوفة التي تعمل بمثابة الموثق والعازز. واحدة من مركبات البوليمر هي ألبينات: السليلوز، وهما بوليمر الطبيعي أنيونيا، تحلل البيولوجي، و متوفق البيولوجي. واحد من مصادر السليلوز هو نفايات قصب السكر، أي عصير النفايات المتبقية، عموما ٣٠-٤٠٪ من قصب السكر ويحتوي على ٥٠٪ محتوى السليلوز.

هدف هذا البحث إلى تحديد تركيز محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH الأفضل في صناعة فسكوزي والمركب الخرز الجينات: السليلوز وتكوين الجينات: السليلوز الأفضل في تصنيع المركب الخرز. مركبا الخرز الجينات: السليلوز يصنع مع تقنية الافلات من خلال طريقة الهلام الأيونات مع يشابك Zn^{2+} والفوروجين $CaCO_3$ تباين تركيز هيدروكسيد الصوديوم في صنع محلول فسكوزي ٤، ٦، ٨٪ وتركيز الألبينات: السليلوز 2:16، 2:6، 2:2، 2:0، و ٢:٣٠. ثم يتميز محلول فسكوزي الناتجة والقائمة على الكثافة، اللزوجة، والوزن الجزيئي. القدرة على تضخيم الخرز تحلل تورم. يتميز مركب الشاكل العينة باستخدام تحويل فورييه تحت الحمراء (FTIR) *Fourier*, *Differential Scanning Transform Infra Red* والتحليل الحراري يستخدم *Calorimetry* (DSC).

وأظهرت النتائج التميز أن تركيز الأفضل هيدروكسيد الصوديوم في صناعة حل فسكوزي ٦٪، استنادا إلى قيمة كثافة الأعلى يعني ١,٠٩٩ غرام / مل، واللزوجة هي ٠,٠٢٤ ف، س، والوزن الجزيئي هو 171,686 غرام / مول. تركيز الأفضل هيدروكسيد الصوديوم في تصنيع المركب الخرز الجينات: السليلوز هو ٦٪، استنادا إلى قيمة سلطة تورم الأعلى هي ٥٠,٨٪ وكثافة للمجموعات OH أعلفي طيف الأشعة تحت الحمراء. مركب الجينات الأفضل: السليلوز في تصنيع المركب الخرز هو ٢:٦، وفقا للتشكيل الخرز، قيمة السلطة تورم الأعلى هي ٦٣,٨٪، ويحتوي على قيمة ΔH_f بقدر ٥ ج/غ

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Data bilangan gelombang (cm^{-1}) pada spektrum IR selulosa standar dan hasil ekstraksi dari ampas tebu.....	34
Tabel 4.2	Densitas, viskositas, berat molekul dari larutan viskosa dan daya <i>swelling beads</i> dengan variasi konsentrasi pelarut (NaOH).....	36
Tabel 4.3	Daya <i>swelling</i> , titik leleh, dan entalpi pelelehan sampel.....	40
Tabel L.4.2	Nilai densitas variasi NaOH dan larutan viskosa	57
Tabel L.4.3	Nilai viskositas variasi CXA	58
Tabel L.4.4	Nilai viskositas variasi NaOH	58
Tabel L.4.5	Nilai viskositas spesifik variasi CXA.....	59
Tabel L.4.6	Nilai viskositas intrinsik variasi CXA.....	59
Tabel L.4.7	Nilai viskositas berat molekul variasi CXA	60
Tabel L.4.8	Nilai daya <i>swelling beads</i> variasi CXA dan <i>beads</i> variasi komposisi.....	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bentuk fisik ampas tebu	7
Gambar 2.2	Struktur molekul selulosa	8
Gambar 2.3	Rantai selulosa dalam mikrofibril yang membentuk dinding sel tanaman	8
Gambar 2.4	Unit penyusun lignin (a) p-koumaril alkohol, (b) koniferil alkohol, dan (c) sinapil alkohol	9
Gambar 2.5	Reaksi pemutusan ikatan lignin dan selulosa menggunakan NaOH.....	11
Gambar 2.6	Mekanisme reaksi pembuatan selulosa xantat.....	13
Gambar 2.7	Struktur molekul alginat mengandung (a) residu asam guluronat (blok G), (b) residu asam mannuromat (blok M), dan (c) residu asam guluronat dan asam mannuromat (blok GM)	14
Gambar 2.8	(a) Reaksi <i>cross-link</i> antara alginat dan ion zink, dan (b) interaksi antara selulosa xantat dan alginat yang bereaksi dengan ion zink.....	16
Gambar 2.9	Spektra IR (a) ampas tebu, dan (b) ekstrak selulosa	19
Gambar 2.10	Spektra IR (a) CuSO ₄ , (b) selulosa dan CuSO ₄ , (c) interaksi CuSO ₄ dan <i>beads</i> alginat:selulosa 25% dengan agen <i>cross-link</i> zink asetat, (d) interaksi CuSO ₄ dan <i>beads</i> alginat:selulosa 10% dengan agen <i>cross-link</i> zink asetat, (e) interaksi CuSO ₄ dan <i>beads</i> alginat dengan agen <i>cross-link</i> zink asetat, (f) interaksi CuSO ₄ dan <i>beads</i> alginat:selulosa 25% dengan agen <i>cross-link</i> kalsium klorida, (g) interaksi CuSO ₄ dan <i>beads</i> alginat:selulosa 10% dengan agen <i>cross-link</i> kalsium klorida, dan (h) interaksi CuSO ₄ dan <i>beads</i> alginat dengan agen <i>cross-link</i> kalsium klorida	20
Gambar 2.11	Termogram bioplastik tepung singkong dengan komposisi natrium alginat:limonena:selulosa (a) (7,5:2,5:10) (%), dan (b) (10:5:5) (%).....	22
Gambar 4.1	Bentuk fisik (a) serbuk ampas tebu, (b) lindi hitam, dan (c) ekstrak selulosa hasil delignifikasi	31
Gambar 4.2	Mekanisme reaksi pemutusan ikatan lignin dengan selulosa	32
Gambar 4.3	Ekstrak selulosa hasil (a) <i>bleaching</i> , dan (b) hidrolisis.....	32
Gambar 4.4	Spektra IR serbuk ampas tebu dan selulosa hasil ekstraksi.....	33
Gambar 4.5	Spektrum IR selulosa standar	34
Gambar 4.6	Mekanisme reaksi pembuatan larutan viskosa	35
Gambar 4.7	Bentuk fisik (a) alkali selulosa, (b) selulosa xantat, dan larutan viskosa	35
Gambar 4.8	(a) Teknik <i>dropping</i> dengan metode gelas ionik, dan (b) pendiaman dalam larutan zink asetat.....	37
Gambar 4.9	(a) <i>Beads</i> basah, (b) <i>beads</i> kering, dan (c) diameter <i>beads</i> basah dan <i>beads</i> kering.....	38

Gambar 4.10	Spektra IR selulosa hasil ekstraksi, selulosa xantat, <i>beads</i> dengan CXA-1, CXA-2, dan CXA-3	39
Gambar 4.11	Bentuk fisik <i>beads</i> (a) basah, dan (b) kering dengan variasi komposisi polimer	40
Gambar 4.12	Spektra IR selulosa xantat dan <i>beads</i> 2:0, 2:2, dan 2:6	41
Gambar 4.13	Termogram fiber selulosa dan <i>beads</i> alginat:selulosa xantat dengan variasi komposisi 2:0, 2:2, dan 2:6	42



DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1	Densitas	16
Rumus 2.2	Viskositas antara Dua Cairan	17
Rumus 2.3	Viskositas Pelarut	17
Rumus 2.4	Viskositas Spesifik	17
Rumus 2.5	Viskositas Intrinsik	17
Rumus 2.6	Berat Molekul	18
Rumus 2.7	Daya <i>Swelling</i>	18
Rumus L.3.1 (a)	Pengenceran dari Massa Senyawa	54
Rumus L.3.1 (b)	Pengenceran dari Persen Larutan	54
Rumus L.3.2 (c)	Pengenceran dari Larutan Pekat	56
Rumus L.4.1	Rendemen Sampel	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Rancangan Penelitian.....	49
Lampiran 2 Diagram Alir	50
Lampiran 3 Preparasi Larutan	55
Lampiran 4 Perhitungan	58
Lampiran 5 Spektra IR dan Termogram DSC.....	62



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Direktorat Jenderal Perkebunan (2009), melaporkan bahwa produksi tebu (*Saccharum officinarum*) nasional adalah 33 juta ton/tahun. Di Indonesia terdapat 58 pabrik gula dengan kapasitas giling total 195.622 ton tebu per hari. Hal ini mengakibatkan limbah berupa ampas tebu yang dihasilkan semakin meningkat. Ampas tebu adalah sisa pengambilan nira, umumnya merupakan 30-40% bagian tebu.

Manusia dikaruniai akal untuk berpikir dan mencari sesuatu yang belum diketahui manfaatnya, misalnya limbah ampas tebu. Karakteristik orang-orang yang berpikir (*ulul albab*) yaitu melakukan aktifitas dzikir dan berpikir sebagai metode memahami alam, sebagaimana firman Allah dalam Q.S Ali Imron ayat 191:

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمُوتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَنَكَ 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”.

Bagi seorang *ulul albab*, Allah SWT menciptakan segala sesuatu tidak sia-sia. Salah satunya yaitu limbah ampas tebu, dimana kadar selulosa dan ketersediaannya cukup tinggi. Menurut Hermiati, dkk. (2010), dari beberapa limbah pertanian dan hasil hutan, ampas tebu memiliki kadar selulosa tertinggi

yaitu 50%. Sehingga, ampas tebu berpotensi untuk dimanfaatkan kembali sebagai sumber selulosa.

Selulosa merupakan salah satu sumber daya yang dapat diperbaharui, didegradasi, dan dimodifikasi. Untuk mendapatkan sifat fisik dan kimia yang lebih baik dan memperluas aplikasinya, selulosa dibuat dalam berbagai turunannya, diantaranya turunan ester dan eter. Ester selulosa umumnya digunakan sebagai fiber dan plastik, diantaranya selulosa nitrat, selulosa asetat, dan selulosa xantat. Menurut Gericke, dkk. (2013), rute pembuatan selulosa xantat lebih cepat karena reaksi tidak mengalami isolasi dan tidak mudah terbakar. Sehingga, dalam penelitian ini prekursor untuk *beads* menggunakan selulosa xantat.

Produksi selulosa xantat berawal dari selulosa alkali yang direaksikan dengan karbon disulfida (CS_2). Produk yang dihasilkan dari reaksi ini adalah natrium selulosa xantat, yang kemudian dilarutkan dengan natrium hidroksida (NaOH) menghasilkan regenerasi selulosa yang disebut larutan viskosa. Menurut Haroen dan Wintara (2008), larutan viskosa dapat diperoleh dari ekstraksi serbuk kayu menggunakan 8% NaOH dengan viskositas sebesar 0,006-0,01 Pa.s. Sedangkan menurut Wang, dkk. (2013), viskositas dari larutan viskosa menggunakan 6% NaOH sebesar 2,3-2,5 Pa.s. Sehingga, untuk mengetahui konsentrasi NaOH terbaik dalam pembuatan larutan viskosa dari ampas tebu, dalam penelitian ini dilakukan variasi konsentrasi NaOH untuk melarutkan natrium selulosa xantat. Aplikasi penggunaan selulosa xantat, diantaranya sebagai bahan spons, adsorben, filamen rayon (Haroen dan Wintara, 2008), dan pengemban obat (Suvachittanont dan Pookingdao, 2013).

Pembuatan komposit menggunakan selulosa xantat dan polimer lain saat ini sangat berkembang, karena seratnya yang kuat dan sifat termal yang baik. Komposit adalah campuran dari dua atau lebih material yang terdiri dari bahan pengikat (matriks) dan bahan penguat (*reinforcement*). Keduanya memberikan sumbangan sifat kepada komposit menurut fraksi volumenya masing-masing. Salah satu polimer yang dapat dicampurkan menjadi komposit dengan selulosa xantat adalah alginat.

Alginat merupakan salah satu polimer anionik yang umumnya terdapat pada dinding sel dari semua spesies alga coklat (*Phaeophyceae*). Pemilihan alginat didasarkan pada efisiensi penggunaan, dapat dimodifikasi, dan tidak bersifat toksik. Namun, penggunaan alginat dalam enkapsulasi memiliki kekurangan yaitu sifatnya yang hidrofilik, sehingga untuk meningkatkan efektifitasnya dapat dikomposisikan dengan karbon aktif, kitosan, dan selulosa. Aplikasi penggunaan komposit alginat:selulosa diantaranya spons, film, bioplastik (Ratnasari, 2014), dan *beads* (Sonmez, dkk., 2016).

Beads adalah mikrokapsul berbentuk sferis yang dibuat sebagai substrat padat dimana senyawa dilapisi atau dienkapsulasi. *Beads* memiliki distribusi ukuran partikel yang seragam, struktur yang sangat berpori, luas permukaan yang tinggi, reaktivitas kimia, dan kekuatan mekanik yang tinggi (Suvachittanont dan Pookingdao, 2013). Pembuatan *beads* dapat dipengaruhi oleh viskositas polimer, teknik pembuatan, metode pembuatan, dan konsentrasi agen *cross-link*.

Menurut Sonmez, dkk. (2016), komposisi selulosa dalam membuat *beads* alginat:selulosa berpengaruh terhadap daya adsorpsi. Selulosa sebesar 10% dan 25% dapat meningkatkan daya adsorpsi dari 68% menjadi 80%, sedangkan *beads*

alginat tanpa selulosa hanya mengadsorpsi sebesar 19%. Sehingga, untuk mengetahui komposisi alginat:selulosa xantat terbaik dalam penelitian ini dilakukan variasi komposisi polimer dalam pembuatan *beads*.

Persentase adsorpsi dapat lebih ditingkatkan dengan penambahan agen pembentuk pori. Agen pembentuk pori (porogen) berfungsi membentuk pori *beads*. Porogen yang dapat digunakan antara lain, kalsium karbonat (CaCO_3), natrium bikarbonat (NaHCO_3), natrium klorida (NaCl), atau senyawa garam lainnya. Menurut Choi, dkk. (2002), bahwa penambahan CaCO_3 ke dalam larutan alginat menghasilkan *beads* lebih halus, kekuatan mekanik lebih tinggi yaitu 6 N dan rilis terhadap kadar riboflavin (model obat) sebesar 90%, sedangkan kekuatan mekanik *beads* dengan porogen NaHCO_3 sebesar 2 N dan rilisnya sebesar 95%.

Partikel *beads* dapat dibentuk dengan dua teknik, yaitu *dropping* dan dispersi. Di antara kedua teknik tersebut, *dropping* dinilai yang paling sederhana, familiar, dan diameter *beads* lebih besar yaitu 500 μm -3 mm, sedangkan diameter *beads* dispersi sebesar 30-250 μm . *Dropping* dalam skala laboratorium dapat menggunakan *syringe needle* (Gericke, dkk., 2013).

Pembuatan *beads* dapat menggunakan beberapa metode seperti ekstruksi massa, teknologi *fluid bed dryer*, *rapid expansion of supercritical fluids*, dan gelasi ionik. Metode gelasi ionik dinilai sebagai metode yang paling mudah, murah, dan efektif dilakukan. Metode gelasi ionik melibatkan proses *cross-link* antara polielektrolit dengan pasangan ion multivalennya yang dapat memperkuat kekuatan mekanis (Ghosh, 2006). Alginat dapat membentuk gel dengan kation divalent seperti Ca^{2+} dan Zn^{2+} .

Menurut Sonmez, dkk. (2016), agen *cross-link* yang digunakan mempengaruhi tingkat adsorpsi *beads*. Penggunaan zink asetat ($C_4H_6O_4Zn$) dalam pembuatan *beads* alginat:selulosa dapat mengadsorpsi 80% logam berat, sedangkan kalsium klorida ($CaCl_2$) hanya mengadsorpsi sebesar 14%. Hal tersebut dikarenakan Zn^{2+} lebih stabil dan elektronegarif dari Ca^{2+} .

Berdasarkan latar belakang tersebut, perlu dikembangkan *beads* menggunakan komposit yaitu alginat dan selulosa xantat. Pada penelitian ini melakukan ekstraksi ampas tebu untuk menghilangkan senyawa non selulosa. Selulosa yang didapatkan, digunakan sebagai bahan pembuatan larutan viskosa. Pembuatan larutan viskosa menggunakan variasi konsentrasi NaOH yaitu 4, 6, dan 8%. Larutan viskosa yang terbentuk digunakan sebagai bahan *beads*. Selanjutnya, larutan viskosa dengan konsentrasi NaOH terbaik digunakan sebagai bahan *beads* dengan variasi alginat:selulosa xantat yaitu 2:0, 2:2, 2:6, 2:16, dan 2:30.

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa konsentrasi NaOH terbaik dalam pembuatan larutan viskosa berdasarkan densitas, viskositas, dan berat molekul?
2. Berapa konsentrasi NaOH terbaik dalam pembuatan *beads* alginat:selulosa xantat berdasarkan daya *swelling* dan gugus fungsi?
3. Berapa komposisi alginat:selulosa xantat terbaik dalam pembuatan *beads* berdasarkan daya *swelling*, gugus fungsi, dan termal?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui konsentrasi NaOH terbaik dalam pembuatan larutan viskosa berdasarkan densitas, viskositas, dan berat molekul
2. Mengetahui konsentrasi NaOH terbaik dalam pembuatan *beads* alginat:selulosa xantat berdasarkan daya *swelling* dan gugus fungsi
3. Mengetahui komposisi alginat:selulosa xantat terbaik dalam pembuatan *beads* berdasarkan daya *swelling*, gugus fungsi, dan termal

1.4 Batasan Masalah

1. Ampas tebu yang digunakan berasal Turen, Malang
2. Penaut silang yang digunakan adalah zink asetat 5%
3. Porogen yang digunakan adalah 2 gram CaCO_3

1.5 Manfaat Penelitian

1. Membuat *beads* alginat:selulosa xantat dari bahan alam
2. Meningkatkan nilai ekonomi limbah pertanian berupa ampas tebu

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ampas Tebu sebagai Sumber Biopolimer

Polimer alami atau biopolimer diperoleh dari sumber daya alam yang dapat diperbarui, diuraikan, dan tidak menghasilkan racun. Salah satu sumber biopolimer adalah ampas tebu, yaitu limbah padat yang berasal dari industri pengolahan tebu menjadi gula, umumnya merupakan 30-40% bagian dari tebu. Ampas tebu mengandung air 3,1%, hemiselulosa 20,0%, lignin 24,2%, dan selulosa 52,7% (Hermiati, dkk., 2010).

Selain dari tingginya kadar selulosa dan bagian tebu yang dimanfaatkan, melimpahnya jumlah ampas tebu juga berpotensi untuk dimanfaatkan lebih lanjut. Banyaknya jumlah ampas tebu, salah satunya dapat dilihat dari produksi tebu nasional yaitu 33 juta ton/tahun (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2009). Bentuk fisik ampas tebu ditampilkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Bentuk fisik ampas tebu (Hermiati, dkk., 2010)

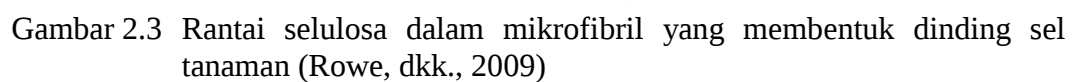
2.2 Selulosa

Produksi selulosa di dunia sekitar 100 milyar ton setiap tahunnya. Selulosa disusun oleh monomer dextro-glukosa dengan ikatan beta-1,4-glikosida tanpa percabangan dan terdapat tiga gugus hidroksil. Selulosa mempunyai rumus

Mikrofibril selulosa dalam dinding sel tanaman dikelilingi oleh lignin dan hemiselulosa sebagaimana Gambar 2.3, sehingga perlu dilakukan ekstraksi dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Bahan berbasis selulosa sering digunakan karena memiliki sifat mekanik yang baik, seperti kekuatan dan modulus regang yang tinggi, kemurnian tinggi, kapasitas mengikat air tinggi, dan struktur jaringan yang baik.

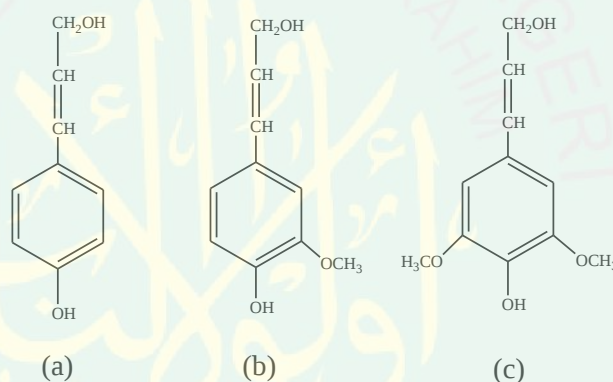


Mikrofibril selulosa dalam dinding sel tanaman dikelilingi oleh lignin dan hemiselulosa sebagaimana Gambar 2.3, sehingga perlu dilakukan ekstraksi dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Bahan berbasis selulosa sering digunakan karena memiliki sifat mekanik yang baik, seperti kekuatan dan modulus regang yang tinggi, kemurnian tinggi, kapasitas mengikat air tinggi, dan struktur jaringan yang baik.



2.2.1 Ekstraksi Selulosa Ampas Tebu

Ekstraksi dimaksudkan untuk memisahkan selulosa dari lignin atau senyawa-senyawa lain. Keberadaan lignin akan menghalangi selulosa dalam proses transfer ion, sehingga proses adsorpsi akan terganggu. Lignin merupakan polimer yang tersusun dari monomer p-kumaril alkohol, koniferil alkohol, dan sinapil alkohol. Unit penyusun lignin ditampilkan pada Gambar 2.4. Selain lignin, hemiselulosa juga terikat pada serat sebagai perekat dan mempercepat pembentukan serat. Hilangnya hemiselulosa mengakibatkan adanya lubang diantara fibril dan berkurangnya ikatan antar serat (Ghunam, dkk., 2011).



bar 4.5 Unit penyusun lignin (a) p-koumaril alkohol, (b) koniferil alkohol, dan (c) sinapil alkohol (Ghunam, dkk., 2011)

Menurut Suvachittanont dan Pookingdao (2013), untuk mengurangi kandungan lignin pada pulp terdapat 2 macam proses.

1. Delignifikasi. Proses ini menggunakan alkali untuk mendegradasi lignin dengan cara hidrolisa dan melarutkan gugus gula sederhana yang masih bersatu dalam pulp.

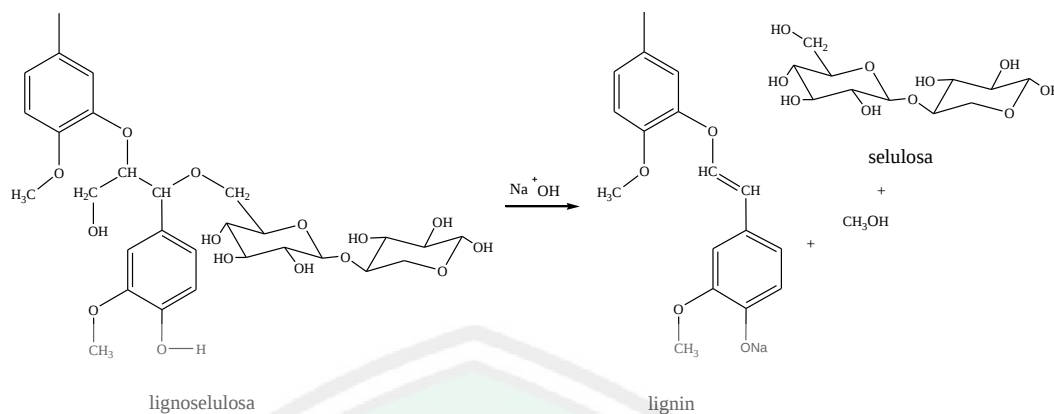
2. *Bleaching*. Proses ini menggunakan oksidator untuk mendegradasi lignin dari gugus kromofor. Secara umum digunakan oksidator kuat seperti klor, peroksida, hipoklorit, dan lain-lain.

2.2.1.1 Proses Delignifikasi

Delignifikasi dapat menggunakan pelarut seperti NaOH, NH_4OH , dan KOH. Di antara ketiga pelarut tersebut yang paling baik digunakan adalah NaOH. Saleh, dkk. (2009) menyatakan bahwa NaOH dapat menyerang dan merusak struktur lignin pada bagian kristalin dan amorf serta memisahkan sebagian hemiselulosa.

Konsentrasi, suhu pemanasan, dan waktu delignifikasi mempengaruhi rendemen produk. Menurut Saleh, dkk. (2009), hasil optimal ekstraksi selulosa didapatkan pada konsentrasi NaOH 10%, pemanasan 80°C selama 90 menit, dengan rendemen sebesar 39,72%. Pemanasan yang dilakukan bertujuan untuk mempercepat reaksi.

Reaksi pemutusan ikatan lignin dan selulosa menggunakan NaOH ditampilkan pada Gambar 2.5. Menurut Rosdiana, dkk. (2013), lignin dalam larutan NaOH akan membentuk garam fenolat yang larut dalam air. Apabila garam fenolat tersebut terbentuk maka ikatan antara selulosa dengan lignin akan lepas sehingga diperoleh selulosa dalam keadaan bebas lignin.



Gambar 2.5 Reaksi pemutusan ikatan lignin dan selulosa menggunakan NaOH (Rosdiana, dkk., 2013)

2.2.1.2 Proses *Bleaching*

Pada umumnya ekstrak hasil delignifikasi masih berwarna kecoklatan sehingga perlu dilakukan proses pemutihan (*bleaching*). Zat pemutih berfungsi untuk mendegradasi dan menghilangkan zat penyebab warna (lignin). Zat pemutih yang dapat digunakan antara lain kaporit (CaOCl₂), sodium klorit (NaClO₂), hidrogen peroksida (H₂O₂), natrium peroksida (Na₂O₂), dan lain-lain (Putera, 2012).

Menurut Putera (2012), pelarut NaClO₂ lebih efektif dibandingkan H₂O₂ dan HCl dalam proses *bleaching*. NaClO₂ dapat melarutkan kadar hemiselulosa terbesar yaitu 0,113%, sedangkan H₂O₂ sebesar 0,062%, dan HCl sebesar 0,087%. Pada analisis gugus fungsi pelarut H₂O₂ dan HCl masih terdapat gugus yang mengindikasikan senyawa lignin. Hal ini diperkuat dengan karakteristik termal, pelarut H₂O₂ dan HCl masih terjadi penguapan senyawa non selulosa (lignin) pada 120⁰ C. Sedangkan, pada pelarut NaClO₂ terjadi penguapan pada suhu 250 dan 320⁰ C yang mengindikasikan terdekomposisinya selulosa dan ikatan glikosidik.

Menurut Bhattacharya, dkk. (2008), delignifikasi dapat dipercepat dengan pemanasan dan kondisi asam. Pemanasan pada suhu 70-80°C dapat melarutkan lignin yang terikat pada selulosa. Kondisi asam pada larutan dapat dilakukan dengan penambahan asam asetat. Menurut Putera (2012), penambahan asam asetat dapat dilakukan pertetes hingga pH 3-5.

2.2.2 Hidrolisis dari Ekstrak Selulosa

Pemurnian selulosa dapat lebih ditingkatkan dengan menghilangkan blok amorf. Hal ini dapat mempengaruhi struktur, kristalinitas serat, stabilitas suhu, dan morfologi permukaan serat. Hidrolisis alfa selulosa akan mengakibatkan pemendekan rantai, sehingga selulosa mikrokristal memiliki rumus molekul $(C_6H_{10}O_5)_n$, dimana $n \sim 220$, dengan berat molekul ~ 32.400 (Suvachittanont dan Pookingdao, 2013).

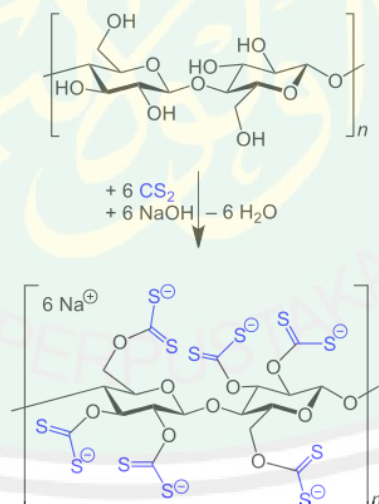
Larutan asam encer yang digunakan pada penelitian ini adalah HCl, karena memiliki kereaktifan lebih baik dalam proses hidrolisis jika dibandingkan dengan asam lainnya, seperti asam nitrat (HNO_3) dan asam sulfat (H_2SO_4) serta memiliki harga yang terjangkau dan mudah diperoleh. Menurut Suvachittanont dan Pookingdao (2013), serat selulosa dari tongkol jagung dapat dihidrolisis menggunakan HCl 1 mmol/L dengan perbandingan 1:20. Indeks kristalinitas selulosa yang dihasilkan meningkat dari 71,13% menjadi 86,31%. Hal tersebut diiringi dengan penurunan ukuran kristal dari 0,22 menjadi 0,15.

2.2.3 Regenerasi Selulosa

Proses regenerasi selulosa dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu: *steeping*, *pressing*, *aging*, *xanthation*, dan *dissolving*. Proses *steeping*, fiber

selulosa dilarutkan dalam larutan NaOH untuk menghilangkan pengotor, melarutkan hemiselulosa yang tersisa, dan mengkonversi menjadi alkali selulosa. Selanjutnya proses *pressing* dan *aging*. Alkali selulosa yang didapat pada proses sebelumnya diperas dan didiamkan selama 60 jam. Pada tahap ini terjadi depolimerisasi selulosa sehingga lebih mudah dilarutkan (Suvachittanont dan Pookingdao, 2013).

Alkali selulosa yang didapatkan, direaksikan dengan 2,5 mL CS₂ menjadi natrium selulosa xantat selama 3 jam. Mekanisme reaksi pembuatan selulosa xantat ditampilkan pada Gambar 2.6. Pada proses ini akan terjadi perubahan warna alkali selulosa yang semula berwarna putih menjadi jingga. Perubahan ini disebabkan karena terbentuknya disodium tritrikarbonat (Na₂CS₃) sebagai hasil samping proses *xanthation* (Wang, dkk., 2013).

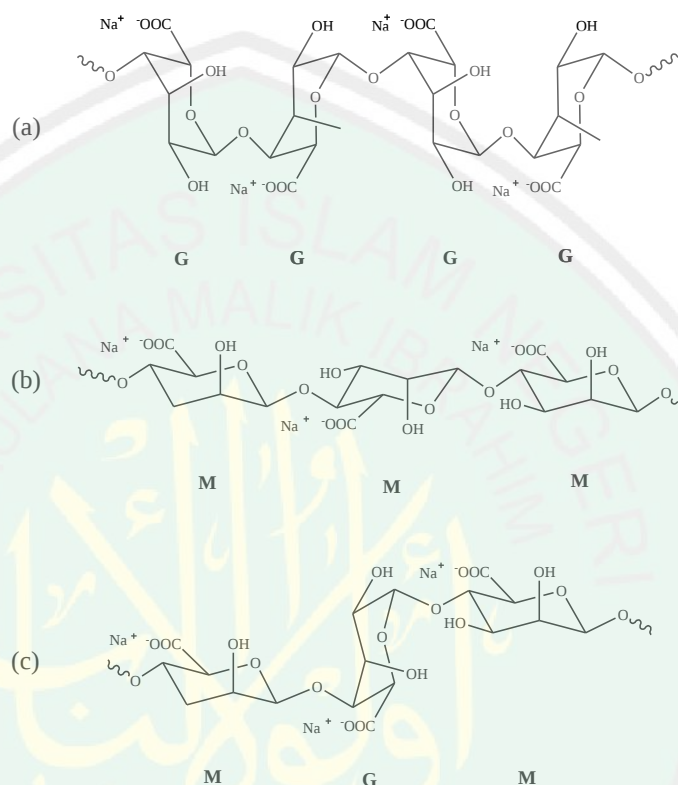


Gambar 2.6 Mekanisme reaksi pembuatan selulosa xantat (Wang, dkk., 2013)

Proses *dissolving* merupakan proses redistribusi dan lepasnya gugus xantat. CS₂ akan terlepas dari selulosa, digantikan oleh ion hidrogen. Reaksi ini menghasilkan regenerasi selulosa yang disebut viskosa, dimana larutan ini

memiliki viskositas yang bervariasi sesuai dengan konsentrasi senyawa *solvent*-nya (Wang, dkk., 2013).

2.3 Potensi Natrium Alginat sebagai *Beads*



Gambar 2.7 Struktur molekul alginat mengandung (a) residu asam guluronat (blok G), (b) residu asam mannuromat (blok M), dan (c) residu asam guluronat dan asam mannuromat (blok GM) (Lee dan Mooney, 2012)

Alginat merupakan salah satu polimer yang digunakan untuk meningkatkan viskositas larutan, formulasi tablet sebagai disintegran, pengikat, dan penyalut. Polimer linear ini mengandung lebih dari 700 residu asam uronat, yaitu beta-dextro-asam mannuronat dan alfa-levo-asam guluronat dengan ikatan 1,4. Rantai alginat mengandung residu asam guluronat disebut blok G, rantai alginat mengandung residu asam mannuronat disebut blok M, dan rantai alginat

yang mengandung residu asam guluronat dan asam mannuronat disebut blok G-M, sebagaimana Gambar 2.7.

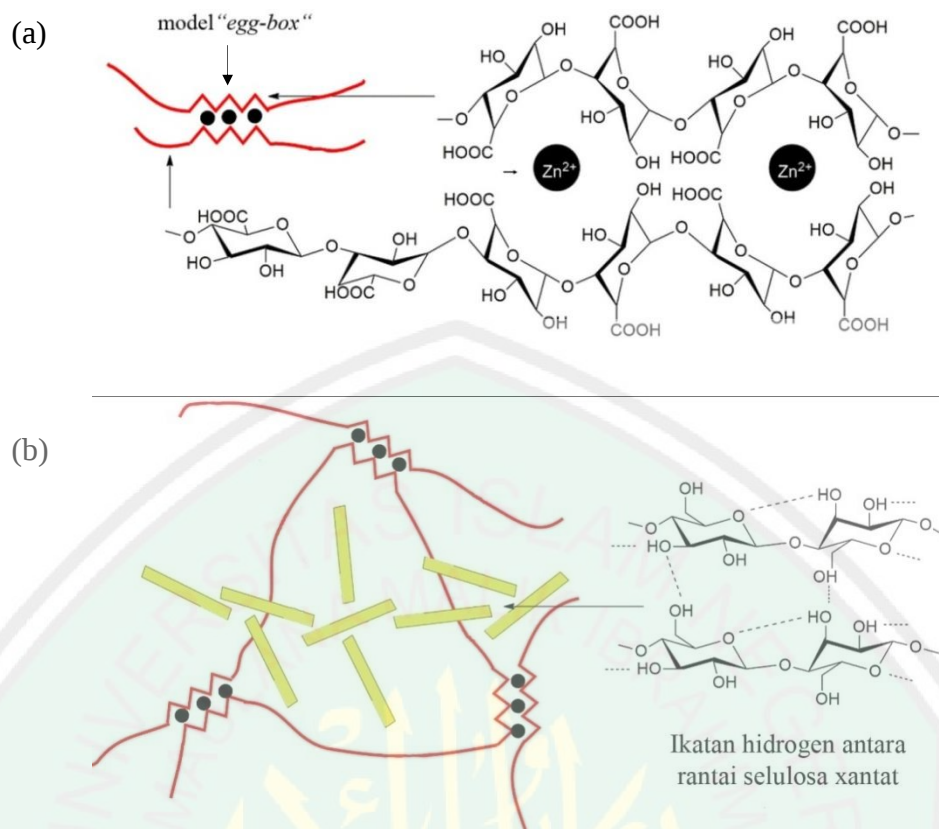
Kandungan asam guluronat yang tinggi cenderung mempunyai struktur kaku dan porositas besar. Residu asam guluronat mempunyai ikatan karbon 1,4 di-axial, sehingga struktur pita dari polimer ini melengkung. Struktur ini stabil dengan adanya ikatan hidrogen antara gugus OH pada C₂ dari residu yang satu dengan gugus -COO- dari residu tetangganya. Struktur ini dimanfaatkan pada proses *cross-link beads* membentuk “egg box” (Lee dan Mooney, 2012).

2.4 Pembuatan *Beads*

Persentase adsorpsi *beads* dapat lebih ditingkatkan dengan penambahan porogen, misalnya CaCO₃. Pada pembuatan *beads*, garam karbonat bereaksi dengan asam asetat yang sebelumnya ditambahkan pada komposit untuk membentuk karbon dioksida, sebagaimana reaksi 2.1. Terbentuknya gas tersebut akan menyebabkan terjadinya poros (Choi, dkk., 2002).



Komposit yang di-*dropping* pada zink asetat akan terjadi *cross-link*. *Cross-link* terbentuk antara gugus -COO- alginat yang bermuatan negatif dengan ion positif Zn²⁺ sebagaimana Gambar 8 (a). Selulosa xantat yang ditambahkan dalam pembuatan *beads* berinteraksi dengan alginat yang bereaksi dengan ion zink, sedangkan antara rantai selulosa xantat terjadi ikatan hidrogen sebagaimana Gambar 8 (b).



Gambar 2.8 (a) Reaksi *cross-link* antara alginat dan ion zink, dan (b) interaksi antara selulosa xantan dan alginat yang bereaksi dengan ion zink (Wang, dkk., 2016, telah diolah kembali)

2.5 Karakterisasi

2.5.1 Densitas, Viskositas, dan Berat Molekul

Densitas (massa jenis) adalah perbandingan jumlah massa dengan jumlah volume. Densitas diperoleh berdasarkan persamaan:

$$d = \frac{m}{v} \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan d adalah densitas, m adalah massa, dan v adalah volume. Densitas suatu cairan dapat digunakan untuk memperoleh nilai viskositas.

Viskositas merupakan ukuran yang menyatakan kekentalan suatu cairan. Kekentalan yaitu sifat cairan yang berhubungan erat dengan hambatan untuk

mengalir. Viskositas akan menimbulkan gesekan antar bagian atau lapisan cairan yang bergerak satu terhadap yang lain. Gesekan yang terjadi ditimbulkan oleh gaya kohesi di dalam zat cair. Penentuan viskositas antara dua cairan menggunakan persamaan:

$$\frac{\eta_0}{\eta_1} = \frac{d_0 t_0}{d_1 t_1} \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan η_0 adalah viskositas akuades, η_1 adalah viskositas larutan, t_0 adalah waktu yang dibutuhkan akuades mengalir melalui pipa kapiler, dan t_1 adalah waktu yang dibutuhkan larutan mengalir melalui pipa kapiler (Habibah, dkk., 2013).

Viskositas pelarut, spesifik, dan intrinsik dapat digunakan untuk memperoleh berat molekul polimer. Viskositas spesifik adalah kenaikan fraksi dalam viskositas. Viskositas intrinsik adalah perbandingan viskositas spesifik dengan konsentrasi pelarut. Umumnya polimer dengan berat molekul tinggi mempunyai sifat yang lebih kuat. Penentuan berat molekul dapat menggunakan persamaan Mark-Houwink:

$$\eta^* = \frac{t^*}{t} \times \eta \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\eta_{sps} = \frac{\eta - \eta^*}{\eta^*} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\eta_{int} = \frac{\eta_{sps}}{C} \dots\dots\dots(2.5)$$

dengan η^* adalah viskositas pelarut (Pa.s), t^* adalah waktu alir pelarut (s), η adalah viskositas larutan (Pa.s), t adalah waktu alir larutan (s), η_{sps} adalah viskositas spesifik, η_{int} adalah viskositas intrinsik, dan C adalah konsentrasi pelarut.

$$\eta_{int} = KM^{\alpha} \dots\dots\dots(2.6)$$

dengan K, α adalah konstanta Mark-Houwink ($K = 9,8 \times 10^{-3}$ dan $\alpha = 0,9$), M adalah berat molekul (Habibah, dkk., 2013).

2.5.2 Daya Mengembang (Swelling)

Daya *swelling* merupakan pertambahan volume dan berat maksimum yang dialami *beads* dalam medium cair, misalnya aqua demineralisata. *Beads* yang telah direndam kemudian ditimbang beratnya. Persentase daya *swelling beads* diperoleh berdasarkan persamaan:

$$Swelling = \frac{W_t - W_0}{W_0} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

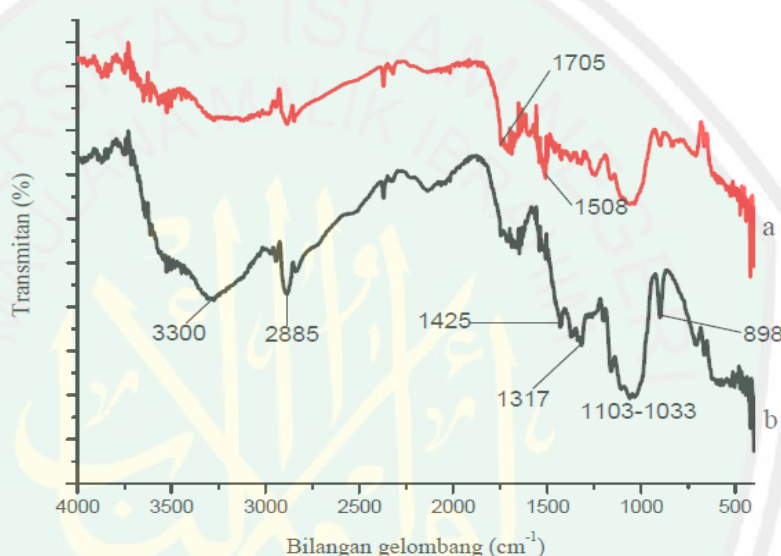
dengan W_t adalah berat *beads* terhidrasi dan W_0 adalah berat *beads* kering (Suvachittanont dan Pookingdao, 2013).

Menurut Ayuningtyas (2012), rata-rata daya *swelling beads* alginat selama 3, 9, 12, 24, 72 jam, 1 dan 2 minggu sebesar 2,63%. Kecilnya daya *swelling* menunjukkan pada *cross-link* tidak terbentuk banyak ikatan hidrogen. Pada seminggu kemudian beratnya tidak mengalami pengurangan yang berarti, hal ini disebabkan karena terjadinya sineresis pada *beads* menyebabkan adanya cairan dalam *beads* keluar.

Sineresis adalah gejala pada saat *beads* mengerut secara alamiah dan sebagian dari cairannya terlepas ke luar. Hal ini terjadi karena struktur serat *beads* yang terus mengeras dan akhirnya air terlepas ke luar. Sineresis memberikan gambaran dari kemampuan *beads* dalam merangkap air dan menunjukkan stabilitas dari *beads* (Ayuningtyas, 2012).

2.5.3 Fourier Transform Infra Red (FTIR)

FTIR digunakan untuk menentukan gugus fungsi senyawa melalui prinsip absorpsi inframerah oleh molekul dalam senyawa yang dianalisis. Prinsip kerja alat ini adalah radiasi IR dilewatkan melalui suatu cuplikan, maka molekul-molekulnya dapat menyerap energi dan terjadilah transisi diantara tingkat vibrasi dasar (*ground state*) dan tingkat vibrasi tereksitasi (*excited state*) (Aini, 2016).

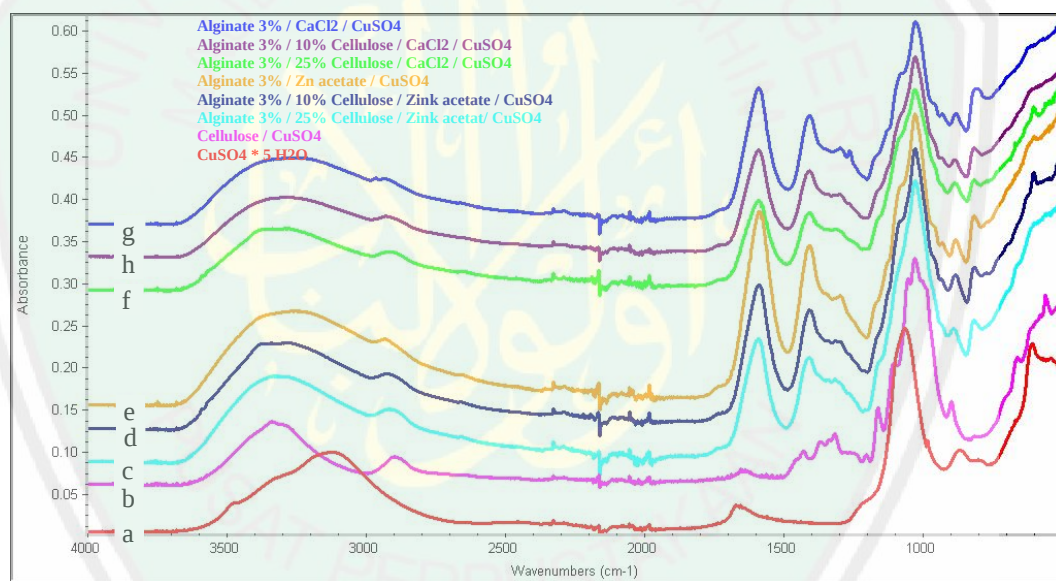


Gambar 2.9 Spektra IR (a) ampas tebu, dan (b) ekstrak selulosa (Aini, 2016)

Menurut Aini (2016), pada Gambar 2.9 ampas tebu menunjukkan serapan pada bilangan gelombang 1508 cm^{-1} yang mengidentifikasi aromatis lignin dan serapan vibrasi gugus asetil ester pada bilangan gelombang 1705 cm^{-1} . Setelah perlakuan alkali pada ampas tebu, serapan khas lignin semakin berkurang dan semakin besar serapan pada bilangan gelombang $1103\text{-}1033\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan gugus C-O-C pada cincin piranosa dan serapan khas selulosa pada bilangan gelombang 898 cm^{-1} yang cukup tajam. Serapan ini menandakan terbentuknya ikatan beta-glikosida antara senyawa glukosa pada selulosa. Serapan

pada bilangan gelombang 1425-1317 cm^{-1} menunjukkan vibrasi tekuk gugus CH_2 , bilangan gelombang 2885 cm^{-1} mengidentifikasi vibrasi ulur gugus CH , dan vibrasi gugus OH ulur pada bilangan gelombang 3300 cm^{-1} .

Menurut Sonmez, dkk. (2016), penggunaan Ca^{2+} atau Zn^{2+} sebagai agen *cross-link* mengakibatkan perubahan signifikan pada spektra IR. *Beads* dengan penaut Zn^{2+} memiliki intensitas bilangan gelombang 1700-1400 cm^{-1} lebih tinggi dari Ca^{2+} sebagaimana Gambar 2.10, yang mengindikasikan gugus C-O, C-C, dan C-H. Hal ini mengakibatkan *beads* dengan Zn^{2+} memiliki kemampuan adsorpsi logam berat (Cu^{2+}) lebih besar.



Gambar 2.10 Spektra IR (a) CuSO_4 , (b) selulosa dan CuSO_4 , (c) interaksi CuSO_4 dan *beads* alginat:selulosa 25% dengan agen *cross-link* zink asetat, (d) interaksi CuSO_4 dan *beads* alginat:selulosa 10% dengan agen *cross-link* zink asetat, (e) interaksi CuSO_4 dan *beads* alginat dengan agen *cross-link* zink asetat, (f) interaksi CuSO_4 dan *beads* alginat:selulosa 25% dengan agen *cross-link* kalsium klorida, (g) interaksi CuSO_4 dan *beads* alginat:selulosa 10% dengan agen *cross-link* kalsium klorida, dan (h) interaksi CuSO_4 dan *beads* alginat dengan agen *cross-link* kalsium klorida (Sonmez, dkk., 2016)

Penambahan komposisi selulosa pada *beads* hanya mempengaruhi intensitas gugus fungsi. Beberapa gugus fungsi pada selulosa dan alginat tumpang tindih yaitu pada 3300, 2924, 1100-1030, dan 670 cm^{-1} , yang mengindikasikan gugus ulur OH, vibrasi ulur C-H, C-O-C, dan C-H keluar bidang. Semakin besar komposisi selulosa dalam *beads* maka kemampuan adsorpsi juga semakin besar.

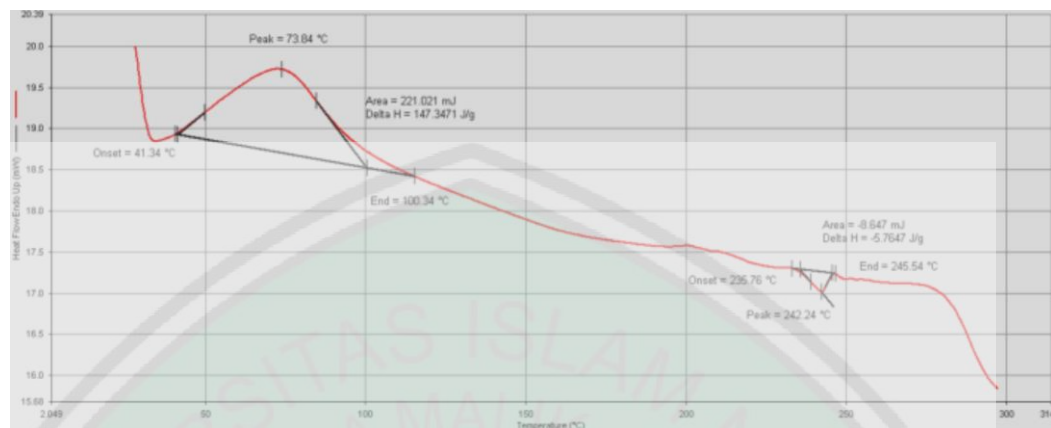
2.5.4 Differential Scanning Calorimetry (DSC)

DSC merupakan salah satu teknik analisis termal yang paling lazim digunakan untuk analisis polimer. Teknik ini biasanya digunakan untuk menentukan titik leleh polimer, temperatur transisi gelas (T_g), derajat kristalinitas, dan panas fusi. Prinsip dasar DSC adalah mengukur perbedaan suhu antara sampel dan standar.

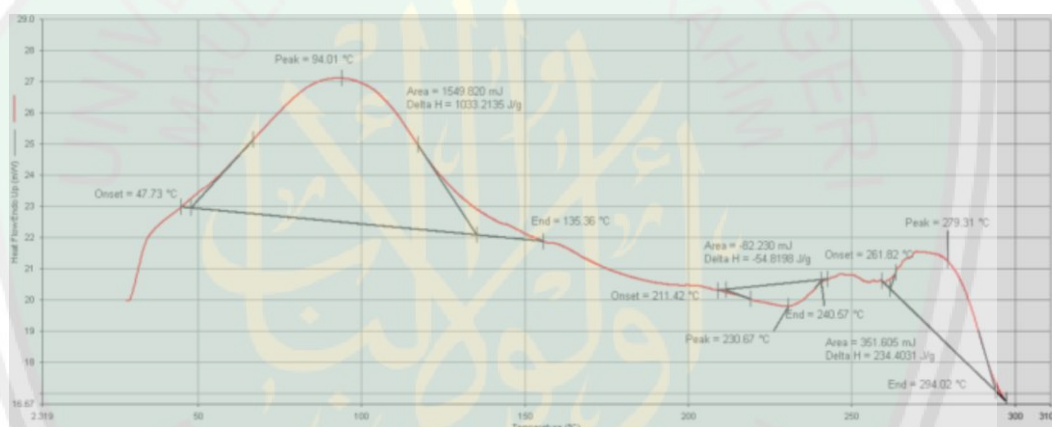
Gambar 2.11 menunjukkan terdapat puncak tunggal titik leleh dengan nilai sebesar 73,84°C dan entalpi sebesar 147,3471 J/g (a) untuk bioplastik dengan komposisi natrium alginat:limonena:selulosa sebesar 7,5:2,5:10 (%) dan titik leleh sebesar 94,01°C dan entalpi sebesar 1033,2135 J/g (b) untuk komposisi natrium alginat:limonena:selulosa sebesar 10:5:5 (%). Berdasarkan perbedaan termogram puncak tunggal titik leleh yang dihasilkan pada Gambar 2.11 (a) dan (b) memiliki selisih nilai sebesar 20,17°C. Kenaikan yang cukup besar menandakan terjadinya interaksi antar ketiga komposisi bahan penyusun yang beragam.

Titik leleh dari bioplastik menjelaskan keteraturan dan kerapatan komponen bahan penyusunnya. Berdasarkan titik leleh yang dihasilkan pada kedua komposisi menandakan peningkatan titik leleh dengan penambahan natrium alginat karena bioplastik yang dihasilkan semakin teratur. Pengaruh penambahan selulosa membuat titik leleh semakin menurun. Hal ini menandakan adanya

interaksi pada matriks polimer serta adanya pengaruh ukuran partikel dan kehomogenan partikel.



(a)



(b)

Gambar 2.11 Termogram bioplastik tepung singkong dengan komposisi natrium alginat:limonena:selulosa (a) (7,5:2,5:10) (%), dan (b) (10:5:5) (%) (Ratnasari, 2014)

2.6 Perspektif Islam dan Sains

Sesungguhnya Allah SWT menurunkan segala sesuatu sebagai rahmat, baik yang ada di langit maupun bumi. Salah satu rahmat yang berada di bumi adalah tanaman tebu. Hal ini telah dijelaskan oleh Allah SWT dalam Q.S. Al-Jaatsiyah ayat 13:

وَسَخَّرَ لَكُم مَّا فِي السَّمَاوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا مِنْهُ ۚ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ

“Dan Dia (Allah) telah menundukkan untukmu apa yang di langit dan apa yang di bumi semuanya, (sebagai rahmat) daripada-Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang berfikir.”

Sesuai firman di atas menurut shihab (2003), Allah telah menundukkan seluruh benda langit yang berupa bintang-bintang yang gemerlapan dan bermacam planet, dan semua yang ada di bumi berupa tanaman, susu yang banyak, tanah yang subur, air, api, udara, dan padang pasir. Semua itu ditundukkan-Nya untuk menjamin kebutuhan makhluk hidup. Nikmat-nikmat yang telah disebutkan merupakan tanda-tanda yang menunjukkan kekuasaan Allah SWT bagi orang-orang yang mau merenungkan ayat-ayat-Nya.

Tanaman tebu merupakan salah satu rahmat Allah yang ditanam untuk bahan baku gula. Hasil samping dari proses pemerahan cairan tebu disebut ampas tebu. Limbah ampas tebu yang cukup tinggi dapat menimbulkan pencemaran apabila tidak dimanfaatkan dengan baik. Pencemaran akan mengakibatkan keseimbangan lingkungan terganggu, sehingga lingkungan tidak lagi berfungsi sesuai peruntukannya. Tugas manusia di bumi yaitu sebagai hamba dan sebagai khalifah, sebagai khalifah manusia dipercaya Allah SWT untuk mengelola dan merawat bumi serta mengatur kehidupan di muka bumi dengan mengacu kepada rambu-rambu Allah (Al-Qur'an). Sebagaimana firman Allah SWT dalam Q.S Al-Baqoroh 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 muka bumi". Mereka berkata: "Mengapa Engkau hendak menjadikan (khalifah) di bumi itu orang yang akan membuat kerusakan padanya dan menumpahkan darah, padahal kami senantiasa bertasbih

dengan memuji Engkau dan mensucikan Engkau?" Tuhan berfirman: "Sesungguhnya Aku mengetahui apa yang tidak kamu ketahui".

Manusia diharapkan mengetahui urusan keduniaannya dan memanfaatkan semua fakta ilmiah mengenai fenomena-fenomena di alam, sehingga menghasilkan banyak kebaikan. Manusia juga dituntut untuk berfikir dalam menjaga dan melestarikan bumi serta menciptakan solusi untuk keseimbangan lingkungan. Salah satu upaya yang bisa dilakukan oleh manusia adalah memanfaatkan limbah menjadi produk baru yang memiliki nilai manfaat dan ekonomi lebih.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret-April 2017 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, oven, cawan porselen, penjepit kayu, desikator, kertas pH, *hot plate*, seperangkat alat *reflux*, ayakan 100 mesh, neraca analitik, kertas saring, termometer, *aluminium foil*, *hair dryer*, magnetik *stirrer*, sentrifugasi, *syringe needle* 18G, *shaker incubator*, FTIR, dan DSC.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan meliputi: ampas tebu berasal dari Turen, Malang, natrium hidroksida (NaOH) *p.a*, 37% asam klorida (HCl) *p.a*, karbon disulfida (CS₂) *p.a*, kalsium karbonat (CaCO₃) *p.a*, natrium klorit (NaClO₂) *p.a*, asam asetat (CH₃COOH) *p.a*, zink asetat (C₄H₆O₄Zn), natrium alginat (C₆H₇O₆Na)_n, aqua demineralisata, dan akuades.

3.3 Rancangan Penelitian

Jenis penelitian yang dilaksanakan adalah *experimental laboratory*, yakni preparasi dan karakterisasi *beads* alginat:selulosa xantat dengan metode gelasi

ionik. Sampel diperoleh dari Turen, Malang. Metode gelasi ionik menggunakan penaut silang 5% zink asetat. Pada penelitian ini melakukan ekstraksi ampas tebu untuk menghilangkan senyawa non selulosa berdasarkan gugus fungsinya. Selulosa yang didapat, digunakan sebagai bahan pembuatan larutan viskosa dengan variasi konsentrasi NaOH yaitu 4, 6, dan 8%. Selanjutnya diidentifikasi berdasarkan densitas, viskositas, dan berat molekul. Larutan viskosa yang didapat, digunakan sebagai bahan *beads*. Selanjutnya, *beads* diidentifikasi berdasarkan gugus fungsi dan daya *swelling*. Larutan viskosa dengan konsentrasi NaOH terbaik digunakan sebagai prekursor *beads* dengan variasi alginat:selulosa xantat. Variasi alginat:selulosa xantat yang digunakan yaitu 2:0, 2:2, 2:6, 2:16, dan 2:30. Selanjutnya, diidentifikasi kembali berdasarkan gugus fungsi, daya *swelling*, dan termal.

3.4 Tahapan Penelitian

1. Preparasi sampel
2. Ekstraksi selulosa dari ampas tebu
3. Penentuan konsentrasi terbaik NaOH dalam pembuatan larutan viskosa
4. Penentuan konsentrasi terbaik NaOH dalam pembuatan *beads*
5. Penentuan komposisi terbaik alginat:selulosa xantat dalam pembuatan *beads*
6. Karakterisasi
7. Analisis data

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Preparasi Sampel

Ampas tebu dibersihkan kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari. Sampel kering dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Kemudian dioven selama 24 jam pada suhu 90°C. Serbuk yang diperoleh merupakan sampel penelitian. Sampel yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan FTIR.

3.5.2 Ekstraksi Selulosa dari Ampas Tebu

Sebanyak 50 gram serbuk ampas tebu direndam dalam 10% NaOH sebanyak 1000 mL pada suhu 80°C selama 90 menit, kemudian dicuci beberapa kali dengan akuades dan diperas. Selanjutnya, ditambahkan 1% NaClO₂ sebanyak 200 mL dan ditambahkan 10% CH₃COOH sampai pH 5 pada suhu 75°C selama 1 jam. Setelah itu dicuci dengan akuades sampai netral dan diperas. Selulosa yang didapatkan dihidrolisis dengan 5% HCl (1:20) pada 95°C selama 1 jam sehingga didapatkan mikrofiber-terdispersi (Suvachittanont dan Pookingdao, 2013). Sampel yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan FTIR.

3.5.3 Penentuan Konsentrasi Terbaik NaOH dalam Pembuatan Larutan Viskosa

Selulosa 5 gram direndam dalam 20% NaOH 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 CS₂ dalam *shaker incubator* dengan kecepatan 150 rpm pada suhu 25°C selama 3 jam sehingga didapatkan selulosa xantat (Wang, dkk., 2013). Suspensi kemudian dilarutkan dalam NaOH dengan variasi 4, 6, dan 8% sebanyak 30 mL yang

kemudian secara berurutan ditetapkan sebagai CXA-1, CXA-2, dan CXA-3. Kemudian diidentifikasi nilai densitas, viskositas, dan berat molekul.

3.5.4 Penentuan Konsentrasi Terbaik NaOH dalam Pembuatan *Beads*

Selanjutnya, 2 gram natrium alginat dilarutkan dalam 50 mL aqua demineralisata dan ditambahkan CH_3COOH beberapa tetes hingga larut. Kemudian, dimasukkan 2 gram CXA-1 dan ditambahkan CaCO_3 2 gram. Selanjutnya, ditambahkan aqua demineralisata sampai 100 mL dan dihomogenkan. Larutan yang terbentuk di-*dropping* menggunakan *syringe needle* 18G ke dalam larutan 5% zink asetat sebanyak 100 mL dan didiamkan selama 24 jam. *Beads* yang terbentuk disaring dan dicuci dengan aqua demineralisata.

Beads direaksikan dalam HCl 1 mmol/L, dengan perbandingan volume 1:8, kemudian dishaker pada kecepatan 150 rpm sampai tidak timbul gelembung. *Beads* dicuci sampai pH netral dengan aqua demineralisata. *Beads* basah dikeringkan pada suhu 37°C selama 24 jam (Suvachittanont dan Pookingdao, 2013). Perlakuan ini diulangi untuk CXA-2, dan CXA-3. Kemudian, diidentifikasi gugus fungsi dan daya *swelling*-nya.

3.5.5 Penentuan Komposisi Terbaik Alginat:Selulosa Xantat dalam Pembuatan *Beads*

Dua gram natrium alginat dilarutkan dalam 50 mL aqua demineralisata dan ditambahkan CH_3COOH beberapa tetes sampai larut. Kemudian, dimasukkan CXA terbaik dengan variasi perbandingan alginat:selulosa yaitu 2:0, 2:2, 2:6, 2:16, dan 2:30 dan ditambahkan CaCO_3 2 gram. Selanjutnya, ditambahkan aqua demineralisata sampai 100 mL dan dihomogenkan hingga sempurna. Larutan yang terbentuk di-*dropping* menggunakan *syringe needle* 18G ke dalam larutan

5% zink asetat sebanyak 100 mL dan didiamkan selama 24 jam. *Beads* yang terbentuk disaring dan dicuci dengan aqua demineralisata.

Beads direaksikan dalam HCl 1 mmol/L, dengan perbandingan volume 1:8, kemudian dishaker pada kecepatan 150 rpm sampai tidak timbul gelembung. *Beads* dicuci sampai pH netral dengan aqua demineralisata. *Beads* basah dikeringkan pada suhu 37°C selama 24 jam (Suvachittanont dan Pookingdao, 2013). Kemudian, diidentifikasi gugus fungsi dan daya *swelling*.

3.5.6 Karakterisasi

3.5.6.1 Densitas, Viskositas, dan Berat Molekul

Tiga piknometer dicuci menggunakan aseton, dikeringkan dengan *hair dryer*, dan ditimbang. Selanjutnya dimasukkan CXA-1 dan ditimbang kembali. Perlakuan ini diulang untuk CXA-2 dan CXA-3. Dihitung densitas berdasarkan persamaan 2.1.

Penentuan viskositas dilakukan dengan menggunakan alat viskometer ostwald. Viskometer dicuci menggunakan aseton kemudian dikeringkan dengan *hair dryer*. Selanjutnya dimasukkan CXA-1 sebanyak 5 mL dan dinaikkan larutan sampai garis pertama pada viskometer. Waktu penurunan larutan dari garis pertama ke garis kedua dihitung menggunakan *stopwatch*. Perlakuan ini diulang sampai tiga kali dan diulang kembali untuk CXA-2, CXA-3, 4, 6, dan 8% NaOH. Dihitung viskositas dan berat molekul berdasarkan persamaan 2.2 sampai 2.6.

3.5.6.2 Analisis Swelling Beads

Sebanyak ± 50 mg *beads* direndam dalam 20 mL aqua demineralisata. *Beads* ditimbang pada jam ke-9, 12, dan 24. Uji *swelling* ditentukan berdasarkan persamaan 2.7.

3.5.6.3 Analisis Gugus Fungsi

Beads kering dan KBr digerus menggunakan mortar *agate*, kemudian ditempatkan pada preparat dan dipress untuk membentuk pelet. Selanjutnya, sampel ditempatkan pada *sample holder* dan dilanjutkan pengukuran.

3.5.6.4 Analisis Termal

Sampel beberapa mg ditempatkan di dalam *crucible* yang terletak di dalam tungku pemanasan (*furnace*) DSC. Pengukuran dilakukan pada rentang suhu 30-400°C dengan 10°C/menit.

3.5.7 Analisis Data

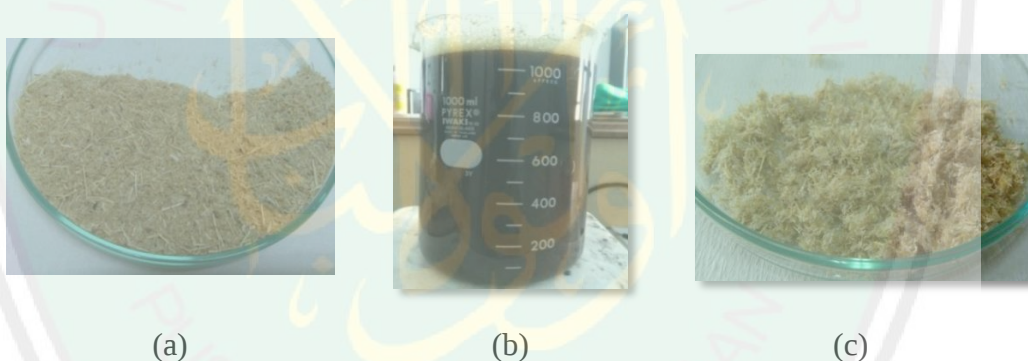
1. Densitas, viskositas, dan berat molekul larutan viskosa dibandingkan dan diidentifikasi pengaruhnya terhadap daya *swelling* dan gugus fungsi *beads*.
2. Gugus fungsi sampel dibandingkan dengan literatur dan diidentifikasi munculnya senyawa baru atau senyawa yang hilang.
3. Entalpi pelelehan (ΔH_f) *beads* dengan variasi komposisi dibandingkan dan diidentifikasi pengaruhnya terhadap kerapatan dan keteraturan komponen, kemudahan dalam membentuk *beads*, dan daya *swelling beads*.
4. Titik leleh *beads* dengan variasi komposisi dibandingkan dan diidentifikasi pengaruhnya terhadap berat molekul dan daya *swelling*.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

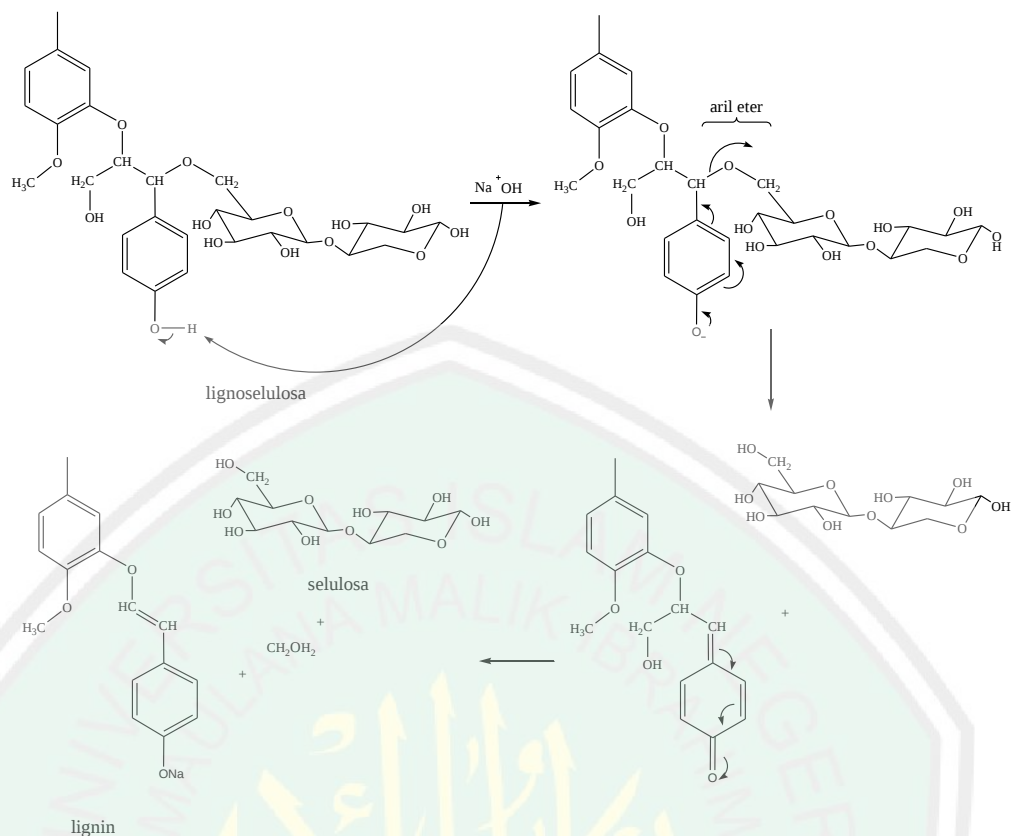
4.1 Ekstraksi Selulosa

Proses delignifikasi menggunakan NaOH dalam penelitian ini menghasilkan lindi hitam, sebagaimana Gambar 4.1 (b). Hal ini dikarenakan ion hidroksil dari NaOH menyerang atom H yang terikat pada gugus OH fenolik lignin, yang dilanjutkan terjadinya resonansi sehingga menyebabkan putusya ikatan antara lignin dan selulosa. Sedangkan, nukleofil dari lignin berikatan dengan ion Na^+ dari NaOH membentuk natrium fenolat yang mudah larut, sebagaimana Gambar 4.2.



Gambar 4.1 Bentuk fisik (a) serbuk ampas tebu, (b) lindi hitam, dan (c) ekstrak selulosa hasil delignifikasi

Pada proses ekstraksi tersebut masih dimungkinkan terdapat lignin sebagaimana Gambar 4.1 (c), sehingga perlu diproses kembali dengan *bleaching*. Ekstrak selulosa hasil *bleaching* berwarna putih sebagaimana Gambar 4.3 (a), hal ini karena oksidator kuat (ClO_2) telah mendegradasi lignin dari gugus kromofor. Selanjutnya, selulosa hasil *bleaching* dihidrolisis dengan HCl menghasilkan ekstrak yang tetap berwarna putih, sebagaimana Gambar 4.3 (b).



Gambar 4.2 Mekanisme reaksi pemutusan ikatan lignin dengan selulosa (Rosdiana, dkk., 2013, telah diolah kembali)



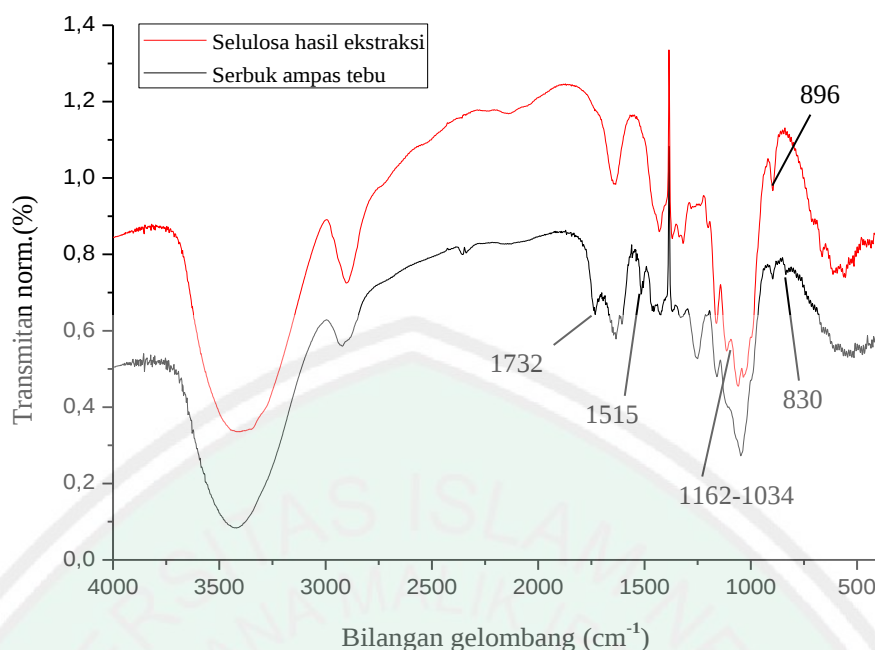
(a)



(b)

Gambar 4.3 Ekstrak selulosa hasil (a) *bleaching*, dan (b) hidrolisis

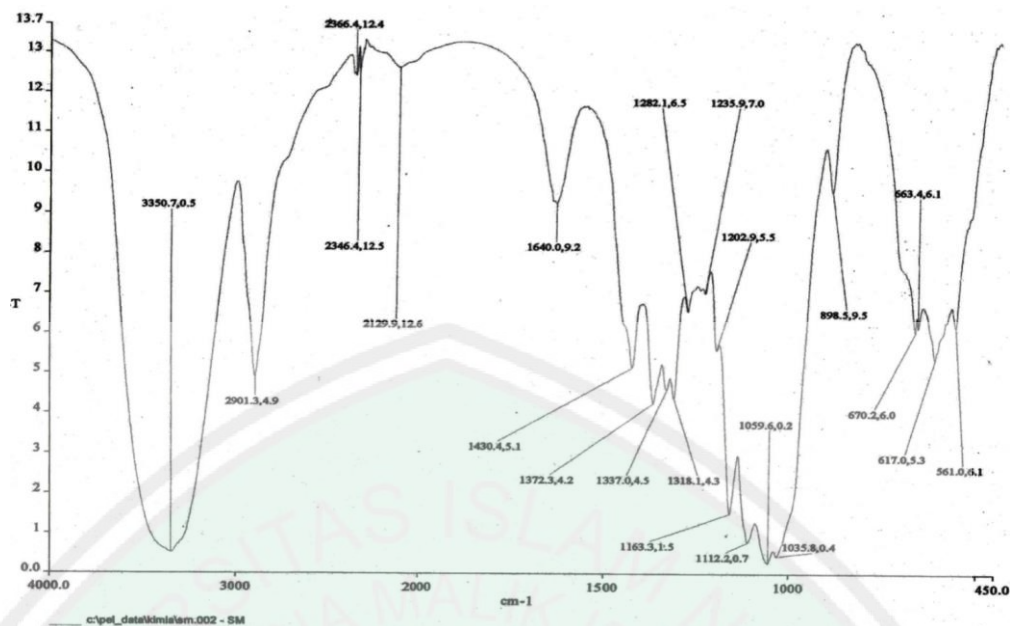
Berat ampas tebu setelah ekstraksi yang dihasilkan sebesar 16,13 gram, mengalami penurunan dari berat awal yaitu 50,03 gram. Turunnya berat tersebut diasumsikan ada senyawa non selulosa yang hilang, salah satunya lignin. Rendemen selulosa yang didapat sebesar 32,2%. Hasil ini hampir sama dengan penelitian Saleh, dkk. (2009) yaitu 39,79%.



Gambar 4.4 Spektra IR serbuk ampas tebu dan selulosa hasil ekstraksi

Terdapat perbedaan senyawa kimia penyusun ampas tebu dan selulosa hasil ekstraksi. Berdasarkan Gambar 4.4, terdapat serapan hasil ekstraksi yang hilang yaitu pada bilangan gelombang 1732 cm^{-1} yang mengidentifikasi gugus asetil ($\text{CH}_3\text{OC}-$), 1515 cm^{-1} dari gugus $\text{C}=\text{C}$ aromatis, dan 830 cm^{-1} dari posisi 1,4 para aromatis pada p-koumaril alkohol. Hilangnya bilangan gelombang tersebut mengindikasikan hilangnya senyawa lignin dari hasil ekstraksi.

Meningkatnya kadar selulosa hasil ekstraksi ditandai dengan semakin tinggi intensitas bilangan gelombang $1162-1034\text{ cm}^{-1}$ yang mengidentifikasi gugus C-O-C pada cincin piranosa dan 896 cm^{-1} dari ikatan β -glikosida(n) pada selulosa. Spektrum IR hasil ekstraksi hampir sama dengan selulosa standar yang ditampilkan pada Gambar 4.5. Data bilangan gelombang spektrum IR selulosa standar dan hasil ekstraksi dari ampas tebu ditampilkan pada Tabel 4.1. Beberapa bilangan gelombang selulosa hasil ekstraksi muncul dengan intensitas yang rendah sehingga nilainya tidak dapat dimunculkan pada instrumen.



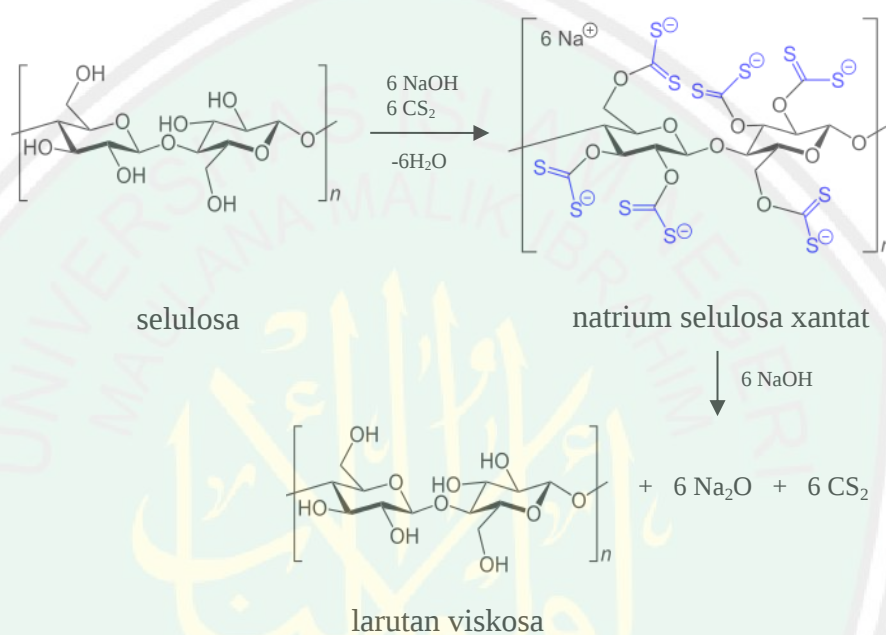
Gambar 4.5 Spektrum IR selulosa standar (Monariqsa, dkk., 2012)

Tabel 4.1 Data bilangan gelombang (cm^{-1}) pada spektrum IR selulosa standar dan hasil ekstraksi dari ampas tebu

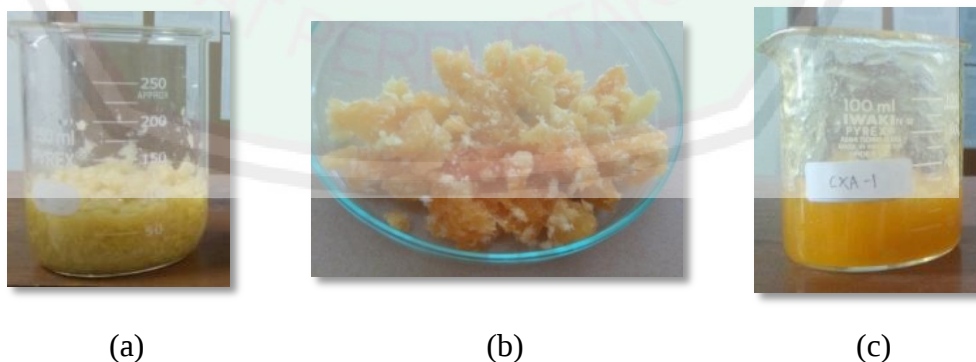
Gugus Fungsi	Rentang bilangan gelombang (cm^{-1})	Bilangan gelombang (cm^{-1})	
		Selulosa standar	Selulosa hasil ekstraksi
Ulur OH	3600-3200	3350	3409
		2901	2902
Vibrasi ulur C-H alifatik	3200-2850	2366	-
		2346	-
		2129	-
		1640	1641
C-C	1650-1450	1430	1430
		1372	1369
		1337	-
		1318	1318
Vibrasi tekuk CH_2	1450-1200	1282	-
		1235	-
		1202	-
		1163	1162
C-O-C	1200-1030	1112	1113
		1059	1059
		1035	1034
		898	896
Ikatan β -glikosida	895-890	670	-
		663	664
C-H keluar bidang	650-500	617	-
		561	-

4.2 Konsentrasi Terbaik NaOH dalam Pembuatan Larutan Viskosa

Larutan viskosa dibuat dari alkali selulosa yang direaksikan dengan CS_2 dan dilarutkan dengan variasi NaOH. Mekanisme reaksi pembuatan larutan viskosa ditampilkan pada Gambar 4.6. Bentuk fisik dari alkali selulosa, selulosa xantat, dan larutan viskosa sebagaimana Gambar 4.7.



Gambar 4.6 Mekanisme reaksi pembuatan larutan viskosa (Wang, dkk., 2013, telah diolah kembali)



Gambar 4.7 Bentuk fisik (a) alkali selulosa, (b) selulosa xantat, dan (c) larutan viskosa

Variasi konsentrasi NaOH mempengaruhi beberapa sifat larutan viskosa, diantaranya densitas, viskositas, dan berat molekul. Hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan nilai tertinggi dari NaOH adalah 6% sebagaimana Tabel 4.2. Konsentrasi NaOH 6% digunakan dalam pembuatan larutan viskosa (CXA-2) menghasilkan densitas 1,077 gr/ml dan viskositas 0,024 Pa.s. Sedangkan, menurut Wang, dkk. (2012), larutan viskosa menggunakan 6% NaOH memiliki viskositas 2,3-2,5 Pa.s. Perbedaan ini terjadi karena selulosa yang digunakan adalah selulosa komersial, sehingga menghasilkan viskositas lebih tinggi.

Menurut Haroen dan Wintara (2008), larutan viskosa yang diperoleh dari ekstraksi serbuk kayu menggunakan 8% NaOH memiliki viskositas 0,006-0,01 Pa.s. Hasil tersebut sesuai dalam penelitian ini, dimana larutan viskosa CXA-3 memiliki viskositas sebesar 0,008 Pa.s. Sehingga, CXA-2 yang memiliki nilai tertinggi digunakan sebagai prekursor pada pembuatan *beads*.

Tabel 4.2 Densitas, viskositas, berat molekul dari larutan viskosa dan daya *swelling beads* dengan variasi konsentrasi pelarut (NaOH)

Sampel	Densitas (gr/ml)	Viskositas (Pa.s)	Berat molekul (gr/mol)	Waktu <i>swelling beads</i> (jam)	Daya <i>swelling beads</i> (%)
Aquades	0,997	0,0009	-	-	-
4% NaOH	1,047	0,0010	-	-	-
6% NaOH	1,069	0,0013	-	-	-
8% NaOH	1,080	0,0018	-	-	-
CXA-1	1,071	0,006	70.460	9	33,3
				12	47,4
				24	44,9
CXA-2	1,099	0,024	171.686	9	44,7
				12	50,8
				24	47,4
CXA-3	1,085	0,008	22.942	9	35,5
				12	44,1
				24	39,9

Keterangan: CXA-1= selulosa xantat yang dilarutkan pada 4% NaOH, CXA-2= selulosa xantat yang dilarutkan pada 6% NaOH, CXA-3= selulosa xantat yang dilarutkan pada 8% NaOH

4.3 Konsentrasi Terbaik NaOH dalam Pembuatan *Beads*

Larutan yang terdiri dari CXA-2, alginat, dan CaCO_3 di-*dropping* pada larutan zink asetat yang kemudian didiamkan 24 jam untuk memperkuat ikatan silang dari alginat. Kelebihan CaCO_3 dihilangkan dengan penambahan larutan HCl encer pada *beads* yang kemudian di-shaker sampai tidak terbentuk gelembung. Teknik *dropping* dan pendiaman *beads* dalam larutan zink asetat ditampilkan pada Gambar 4.8.

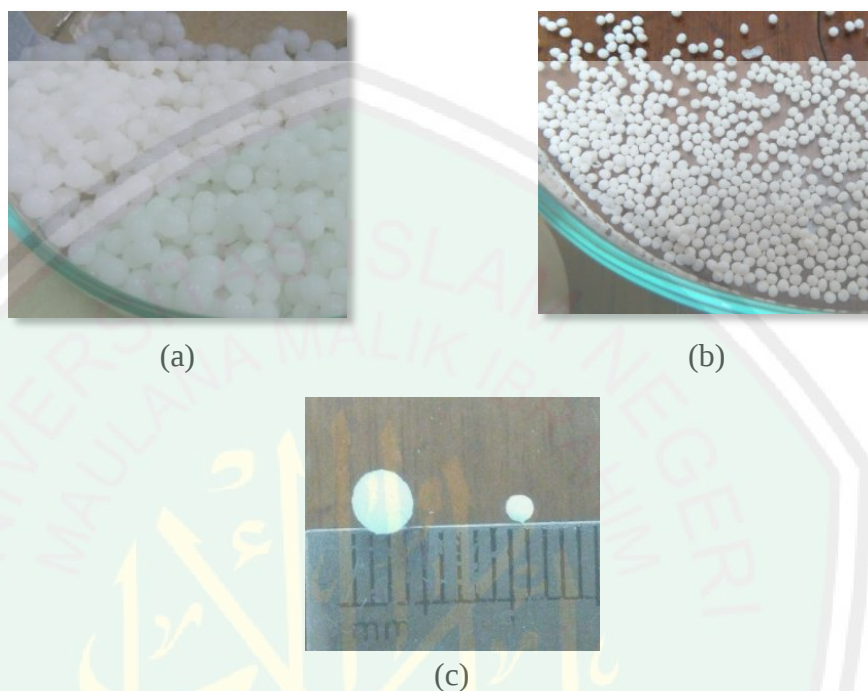


Gambar 4.8 (a) Teknik *dropping* dengan metode gelas ionik, dan (b) pendiaman dalam larutan zink asetat

Beads yang dihasilkan memiliki sifat kaku, hal ini dikarenakan adanya agen *cross-link* sebagai agen pematat *beads*. Agen *cross-link* digunakan dalam penelitian ini agar terjadi ikatan silang yang terbentuk antara alginat dan ion zink sebagaimana Gambar 2.8 (a). Setelah proses pencucian, *beads* dioven sampai konstan. Bentuk fisik *beads* basah dan kering ditampilkan pada Gambar 4.9.

Terdapat perbedaan daya *swelling* CXA, berdasarkan Tabel 4.2 CXA-2 memiliki nilai *swelling* tertinggi yaitu 50,8% pada waktu kontak 12 jam. Rata-rata nilai *swelling* tertinggi didapat pada waktu kontak 12 jam, hal ini dikarenakan konversi polimer ke dalam matriks gel telah optimum. Setelah melewati waktu optimum matriks *beads* mengalami difusi yang mengakibatkan daya *swelling*

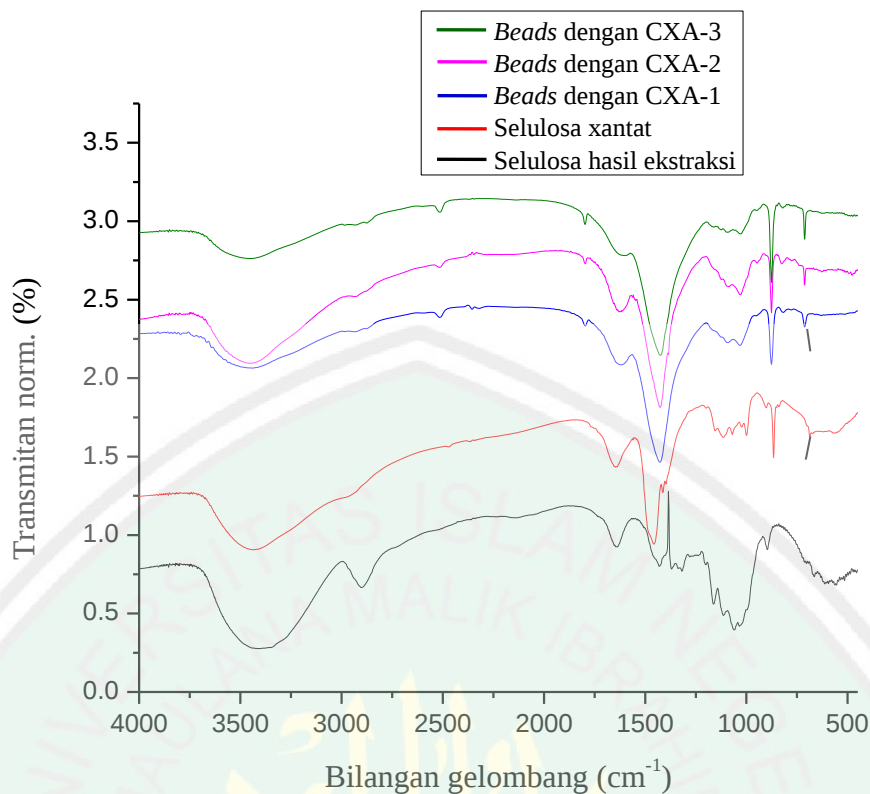
menurun. Difusi terjadi ketika zat terapan mengalir melalui pori-pori pada matriks polimer atau melalui ruang antara rantai-rantai polimer (Agnihotri, dkk., 2004).



Gambar 4.9 (a) *Beads* basah, (b) *Beads* kering, dan (c) diameter *beads* basah dan kering

Besarnya nilai daya *swelling beads* CXA-2, dikarenakan besarnya nilai densitas dan viskositas larutan viskosanya. Nilai viskositas yang besar mengakibatkan berat molekul (BM) rata-rata berat yang terbentuk juga besar sebagaimana Tabel 4.2. Hal ini mengakibatkan gugus-gugus yang berikatan dengan molekul air semakin banyak.

Hasil *swelling* diperkuat dengan data IR *beads* kering yang ditampilkan pada Gambar 4.10. Gugus OH pada *beads* dengan CXA-2 memiliki intensitas tertinggi sehingga nilai *swelling*-nya juga tertinggi. Gugus OH dari alginat dan selulosa xantat mengikat molekul air dari pengujian daya *swelling*.



Gambar 4.10 Spektra IR selulosa hasil ekstraksi, selulosa xantat, *beads* dengan CXA-1, CXA-2, dan CXA-3

Pada *beads* terdapat gugus yang tumpang tindih antara alginat dan selulosa xantat, misalnya pada *beads* dengan CXA-1. Serapan gugus OH ulur pada bilangan gelombang 3441 cm^{-1} , vibrasi ulur C-H alifatik pada 2930 cm^{-1} , C-C pada $1616\text{--}1427\text{ cm}^{-1}$, dan C-O-C pada $1093\text{--}1031\text{ cm}^{-1}$. Selain itu, muncul puncak baru pada 1790 cm^{-1} yang menunjukkan gugus CO_3 dari porogen CaCO_3 dan hilangnya gugus C-S dari selulosa xantat pada 686 cm^{-1} . Keberhasilan reaksi *cross-link* antara alginat dan ion zink diperkuat dengan munculnya gugus Zn-O pada 712 cm^{-1} .

4.4 Komposisi Terbaik Alginat:Selulosa Xantat dalam Pembuatan *Beads*

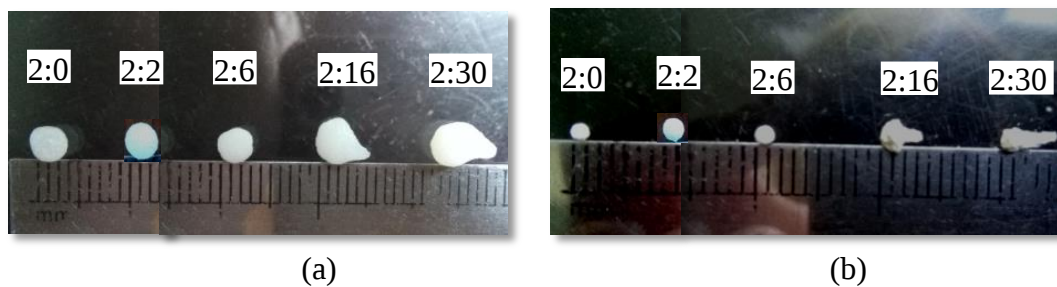
Pemilihan alginat sebagai matriks dalam komposit didasarkan pada sifat mekanik yang unggul, sifat kimia, dan aktivitas biologis. Namun, penggunaan

alginat memiliki kekurangan yaitu modulus tarik dan elongasi rendah, sehingga untuk meningkatkan efektifitasnya dapat menggunakan selulosa sebagai *reinforcement* (Wang, dkk., 2016). Ion Zn^{2+} dari agen *cross-link* membentuk jaringan antara rantai alginat blog G sehingga membentuk model “egg-box”.

Komposisi alginat:selulosa xantat yang digunakan dalam pembuatan *beads* adalah 2:0, 2:2, 2:6, 2:16, dan 2:30. Semakin meningkat komposisi selulosa xantat yang digunakan maka daya *swelling*-nya juga semakin meningkat, sebagaimana Tabel 4.3. Variasi komposisi 2:16 dan 2:30 tidak dapat berbentuk *beads* sebagaimana Gambar 4.11. Hal ini terjadi kemungkinan karena viskositas larutan telah melewati batas dapat terbentuknya *beads*, sehingga untuk mengetahui senyawa penyusun *beads* dilakukan analisis gugus fungsi pada variasi 2:0, 2:2, dan 2:6.

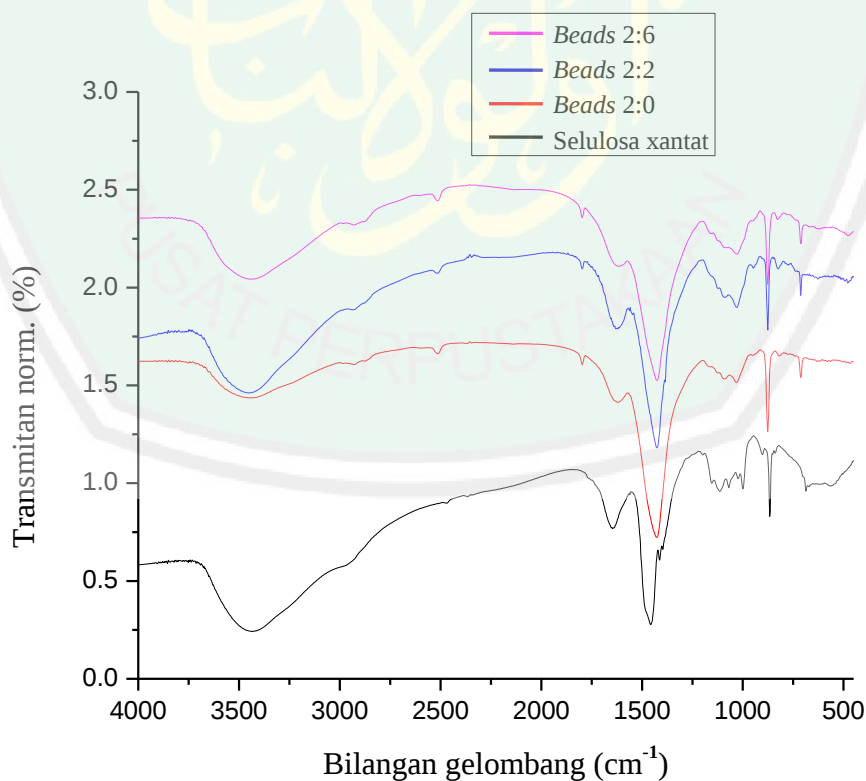
Tabel 4.3 Daya *swelling*, titik leleh, dan entalpi pelelehan sampel

Sampel	Waktu perendaman (jam)	Daya <i>swelling</i> (%)	Titik leleh (°C)	Enthapi pelelehan sampel (ΔH_f) (J/g)
Fiber selulosa	-	-	338	281
<i>Beads</i> 2:0	9	41,2	223	14
	12	35,2		
	24	43,3		
<i>Beads</i> 2:2	9	44,7	233	16
	12	50,8		
	24	47,4		
<i>Beads</i> 2:6	9	61,6	235	5
	12	63,6		
	24	63,8		
<i>Beads</i> 2:16	9	99,4	-	-
	12	66,5		
	24	88,2		
<i>Beads</i> 2:30	9	144,6	-	-
	12	178,5		
	24	150,7		



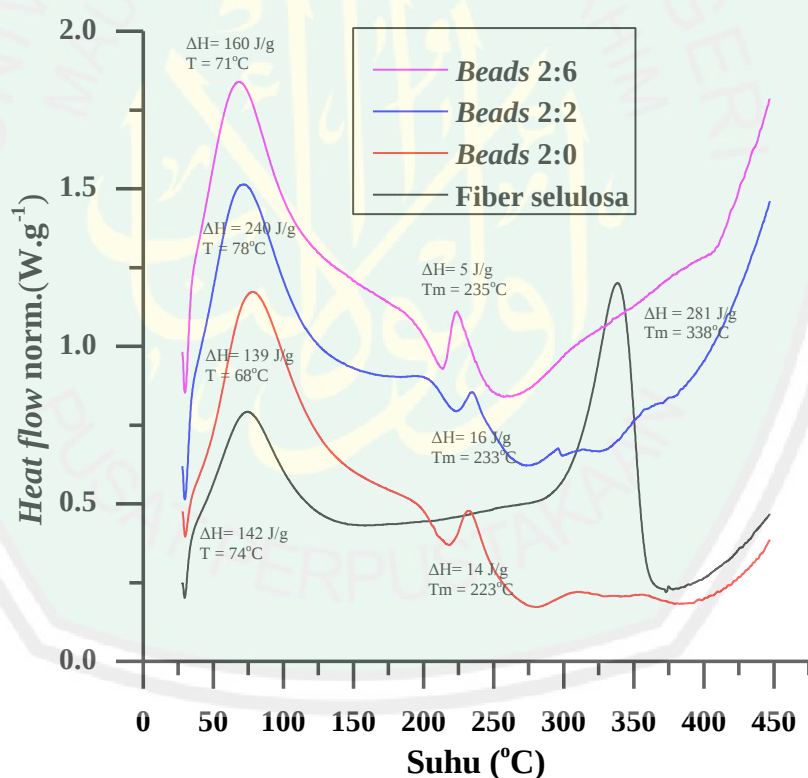
Gambar 4.11 Bentuk fisik *beads* (a) basah, dan (b) kering dengan variasi komposisi polimer

Semakin meningkat daya *swelling beads* maka intensitas gugus OH yang digunakan untuk mengikat molekul air semakin meningkat. Namun, untuk *beads* 2:6 kurang sesuai jika dibandingkan dengan *beads* 2:2 sebagaimana Gambar 4.12. Hal ini dimungkinkan karena keteraturan dan kerapatan komponen *beads* 2:2 lebih tinggi dibandingkan dengan *beads* 2:6. Hal ini diperkuat dengan nilai ΔH_f DSC pada Gambar 4.13.



Gambar 4.12 Spektra IR selulosa xantat dan *beads* 2:0, 2:2, dan 2:6

Semakin tinggi ΔH_f maka semakin kristalin, sehingga semakin mudah dibentuk. Pada penelitian ini *beads* 2:2 memiliki nilai ΔH_f tertinggi yaitu 16 J/g, hal ini menunjukkan *beads* tersebut memiliki nilai kristalinitas lebih tinggi dibandingkan yang lain, sehingga membuatnya paling mudah dibentuk sebagaimana Gambar 4.11. Semakin meningkat komposisi selulosa dalam pembuatan *beads* maka strukturnya semakin amorf, sehingga daya *swelling*-nya semakin meningkat sebagaimana Tabel 4.3, namun sulit terbentuk *beads*. *Beads* 2:16 dan 2:30 dimungkinkan memiliki nilai ΔH_f sangat rendah yang menyebabkan strukturnya lebih amorf, sehingga susah dibentuk *beads*.



Gambar 4.13 Termogram fiber selulosa dan *beads* alginat:selulosa xantat dengan variasi komposisi 2:0, 2:2, dan 2:6

Pengaruh penambahan komposisi selulosa xantat membuat titik leleh semakin meningkat sebagaimana Gambar 4.13, dikarenakan meningkatnya berat

molekul *beads*. Hal ini menandakan adanya interaksi pada matriks polimer, pengaruh ukuran partikel, dan kehomogenan partikel (Ratnasari, 2014). Meningkatnya titik leleh dan berat molekul menjadikan daya *swelling*-nya juga semakin meningkat, dimana *beads* 2:30 memiliki nilai tertinggi sebagaimana Tabel 4.3.

4.5 Perspektif Islam dan Sains

Ilmu merupakan salah satu nikmat dan tanggung jawab yang Allah berikan kepada manusia, baik ilmu akhirat maupun ilmu dunia. Ilmu dapat mengangkat derajat manusia, sebagaimana firman Allah dalam Q.S Al Mujadalah ayat 11:

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا إِذَا قِيلَ لَكُمْ تَفَسَّحُوا فِي الْمَجَالِسِ فَافْسَحُوا يَفْسَحِ اللَّهُ لَكُمْ وَإِذَا قِيلَ انشُرُوا فَانْشُرُوا يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ.

Hai orang-orang beriman apabila dikatakan kepadamu: "Berlapang-lapanglah dalam majlis", maka lapangkanlah niscaya Allah akan memberi kelapangan untukmu. Dan apabila dikatakan: "Berdirilah kamu", maka berdirilah, niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. Dan Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan.

Namun, ilmu juga akan dipertanggungjawabkan di akhirat. Hal ini sebagaimana disebutkan dalam hadits:

حَدَّثَنَا عَبْدُ اللَّهِ بْنُ عَبْدِ الرَّحْمَنِ الْأَسْوَدُ بْنُ عَامِرٍ حَدَّثَنَا أَبُو بَكْرِ بْنُ عَيَّاشٍ عَنِ الْأَعْمَشِ عَنْ سَعِيدِ بْنِ عَبْدِ اللَّهِ بْنِ جُرَيْجٍ عَنْ أَبِي بَرزَةَ الْأَسْلَمِيِّ قَالَ: قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ لَا تَزُولُ قَدَمَا عَبْدٍ يَوْمَ الْقِيَامَةِ حَتَّى يُسْأَلَ عَنْ عُمُرِهِ فِيمَا أَفْنَاهُ وَعَنْ عِلْمِهِ فِيمَا فَعَلَ وَعَنْ مَالِهِ مِنْ أَيْنَ اكْتَسَبَهُ وَفِيمَ أَنْفَقَهُ وَعَنْ جَسَدِهِ فِيمَ أَبْلَاهُ قَالَ هَذَا حَدِيثٌ حَسَنٌ صَحِيحٌ وَسَعِيدُ بْنُ عَبْدِ اللَّهِ بْنِ جُرَيْجٍ هُوَ بَصْرِيُّ وَهُوَ مَوْلَى أَبِي بَرزَةَ وَأَبُو بَرزَةَ اسْمُهُ نَضْلَةُ بْنُ عُبَيْدٍ

Telah menceritakan kepada kami Abdullah bin Abdurrahman telah menceritakan kepada kami Al Aswad bin 'Amir telah mengkhabarkan kepada kami Abu Bakar bin Ayyasy dari Al A'masy dari Sa'id bin Abdullah bin Juraij dari Abu Barzah Al Aslami berkata: Rasulullah Shallallahu 'alaihi wa Salam bersabda: "Kedua telapak kaki seorang hamba tidak akan bergeser pada hari kiamat sampai ditanya tentang umurnya untuk apa dia habiskan, tentang ilmunya untuk apa dia

amalkan, tentang hartanya dari mana dia peroleh dan kemana dia infakkan dan tentang tubuhnya untuk apa dia gunakan." Dia berkata: Hadits ini hasan shahih, adapun Sa'id bin Abdullah bin Juraij dia adalah orang Bashrah dan dia adalah budak Abu Barzah, sedangkan Abu Barzah namanya adalah Nadlah bin 'Ubaid (HR At-Tirmidzy no. 2417).

Bagi seseorang yang memiliki ilmu di bidang tertentu seperti pada bidang kimia, cara mengatasi kelimpahan limbah ampas tebu adalah dengan memanfaatkannya.

Berdasarkan uraian sebelumnya, ampas tebu terbukti berpotensi dalam pembuatan *beads* dengan nilai terbaik menggunakan larutan viskosa CXA-2 (6% NaOH) dan komposisi alginat:selulosa xantat 2:6. Kandungan selulosa yang cukup tinggi pada ampas tebu, menjadikan limbah ini sangat berpotensi untuk dikembangkan. Hal ini selaras dengan firman Allah SWT dalam Q.S Yunus ayat 101:

قُلْ اَنْظُرُوْا مَاذَا فِي السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ ۚ وَمَا تُغْنِي الْاٰيٰتُ وَالنُّذُرُ عَنْ قَوْمٍ لَا يُؤْمِنُوْنَ

"Katakanlah: "Perhatikanlah apa yang ada di langit dan di bumi. Tidaklah bermanfaat tanda kekuasaan Allah dan rasul-rasul yang memberi peringatan bagi orang-orang yang tidak beriman".

Ayat di atas menjelaskan bahwa ciptaan Allah merupakan tanda-tanda keesaan dan kekuasaan-Nya, bagi orang-orang yang berpikir dan yakin kepada penciptanya, salah satunya adalah ampas tebu. Sebaliknya, bagi orang-orang yang tidak berpikir dan yakin kepada penciptanya maka ampas tebu hanya akan menjadi limbah.

BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

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

1. Konsentrasi terbaik NaOH dalam pembuatan larutan viskosa adalah 6%, berdasarkan nilai tertinggi yaitu densitas 1,099 gr/ml, viskositas 0,024 Pa.s, dan berat molekul 171.686 gr/mol.
2. Konsentrasi terbaik NaOH pada pembuatan *beads* alginat:selulosa xantat adalah 6%, berdasarkan nilai tertinggi yaitu daya *swelling* 50,8% dan intensitas gugus OH pada spektrum IR.
3. Komposisi terbaik alginat:selulosa xantat dalam pembuatan *beads* adalah 2:6, berdasarkan nilai tertinggi yaitu daya *swelling* 63,8%, intensitas gugus OH pada spektrum IR dan nilai terendah entalpi pelelehan sampel 5 J/g.

5.2 Saran

Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut dengan menggunakan variasi porogen dan penaut silang untuk mengetahui pengaruhnya terhadap karakter *beads* dari ampas tebu.

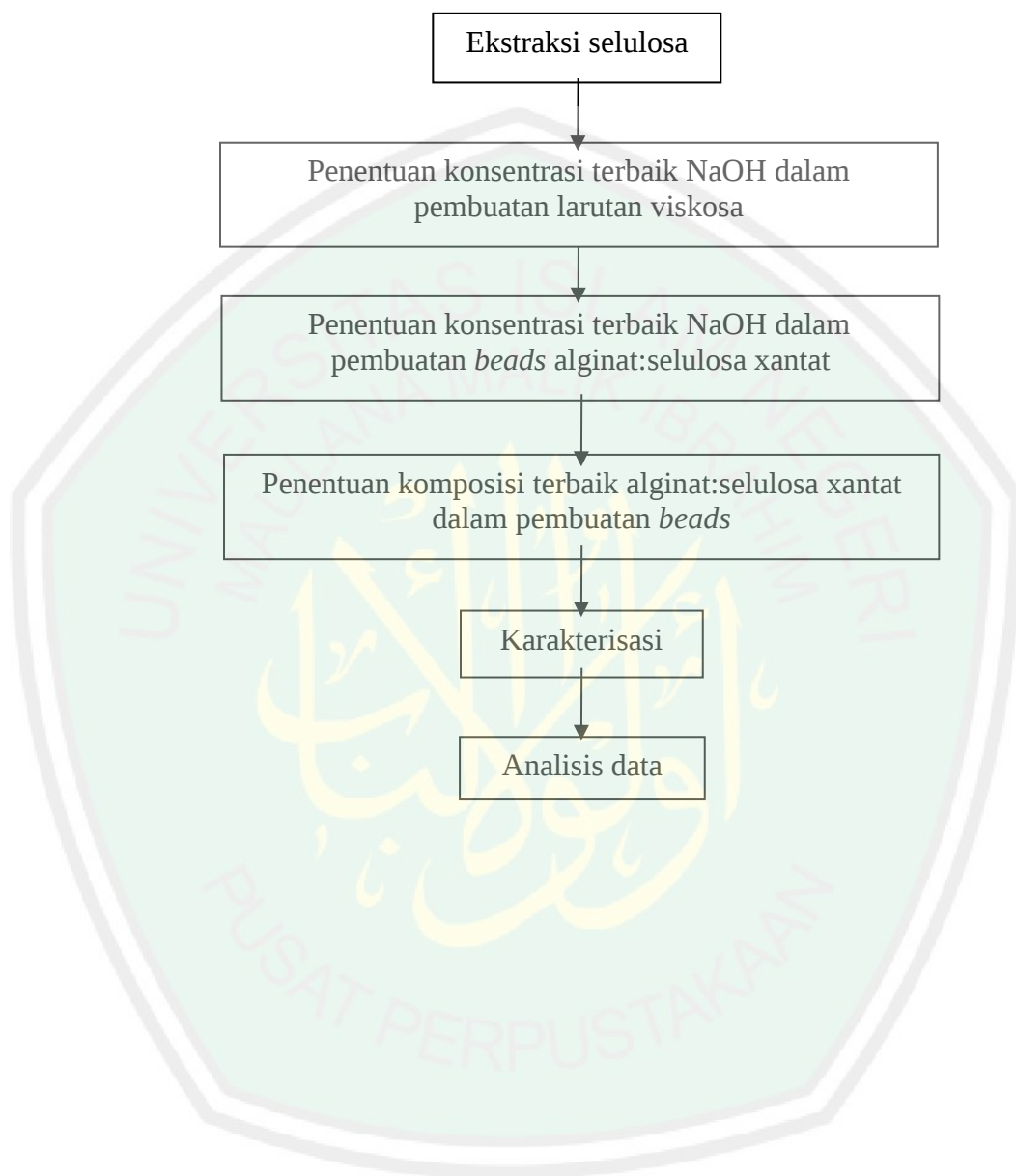
DAFTAR PUSTAKA

- Agnihotri, S.A., Malikarjuna, N.N., dan Aminabhavi, T.M. 2004. Recent Advances on Chitosan-Based Micro- and Nanoparticles in Drug Delivery. *Journal of Controlled Release*, 100(1): 5-28.
- Aini, Z. 2016. Aplikasi Selulosa *Whiskers* Bagas Tebu Sebagai Penguat dalam Film Komposit Berbasis PVA/MMT. *Tesis*. Bogor: Program Pascasarjana IPB.
- Ayuningtyas, F. 2012. Pembuatan dan Karakterisasi *Beads* Hidrogel dari Berbagai Polimer Sebagai Media Tanam. *Skripsi*. Depok: Jurusan Farmasi FMIPA UI.
- Bhattacharya, D., Germinario, L.T., dan Winter, W.T. 2008. Isolation, Preparation, and Characterization of Cellulose Microfibers Obtained from Bagasse. *Carbohydrate Polymers*, 73(3): 371-377.
- Choi, B.Y., Park, H.J., Hwang, S.J., dan Park, J.B. 2002. Preparation of Alginate Beads for Floating Drug Delivery System: Effects of CO₂ Gas-Forming Agents. *International Journal of Pharmaceutics*, 239(1-2): 81-91.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2009. *Road Map Swasembada Gula Nasional*. (Online), (<http://ditjenbpun.deptan.go.id>), diakses 25 September 2016.
- Gericke, M., Trygg, J., dan Fardim, P. 2013. Functional Cellulose Beads: Preparation, Characterization, and Applications. *Chemical Review*, 113(7): 4812-4836.
- Ghosh, S.K. 2006. *Functional Coatings and Microencapsulation: A General Perspective*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH dan Co. KGaA.
- Ghunam, W., dkk. 2011. Pengaruh Perlakuan Delignifikasi dengan Larutan NaOH dan Konsentrasi Substrat Jerami Padi terhadap Produksi Enzim Selulosa dan *Aspergillus niger* NRRL A-II, 264. *Jurnal Biologi*, 15(1): 55-61.
- Habibah, R., Nasution, D.Y., dan Muis, Y. 2013. Penentuan Berat Molekul dan Derajat Polimerisasi α -Selulosa yang Berasal dari Alang-Alang (*Imperata cylindrica*) dengan Metode Viskositas. *Jurnal Saintia Kimia*, 1(2): 55-59.
- Haroen, W.K. dan Wistara, N. 2008. Rayon Filament Properties from Five Lesser Known Tropical Woods Species. *Teknik Industri Pertanian*, 18(2): 94-98.
- Hermiati, E., Mangunwidjaja, D., Sunarti, T.C., Suparno, O., dan Prasetya, B. 2010. Pemanfaatan Biomassa Lignoselulosa Ampas Tebu untuk Produksi Bioetanol. *Jurnal Litbang Pertanian*, 29(4): 121-130.

- Lee, K.Y. dan Mooneya, D.J. 2012. Alginate: Properties and Biomedical Applications. *Progress in Polymer Science*, 37(1): 106–126.
- Monariqsa, D., dkk. 2012. Ekstraksi Selulosa dari Kayu Gelam (*Melaleuca leucadendron Linn*) dan Kayu Serbuk Industri Mebel. *Jurnal Penelitian Sains*, 15(3C): 96-101.
- Putera, R.D.H. 2012. Ekstraksi Serat Selulosa dari Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) dengan Variasi Pelarut. *Skripsi*. Depok: Fakultas Teknik UI.
- Ratnasari, E. 2014. Pencirian Bioplastik Tepung Singkong dengan Penambahan Natrium Alginat, Selulosa, dan Limonena. *Skripsi*. Bogor: Jurusan Kimia FMIPA IPB.
- Rosdiana, N.S., Sarjono, P.R., dan Mulyani, N.S. 2013. Aktivitas *Fusarium oxysporum* dalam Menghidrolisis Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan Variasi Temperatur. *Chemical Information*, 1(1): 220-225.
- Rowe, R.C., Sheskey, P.J., dan Quinn, M.E. 2009. *Handbook of Pharmaceutical Excipients*, Edisi 6. London: Pharmaceutical Press.
- Saleh, A. 2009. Pengaruh Konsentrasi Pulp, Temperatur, dan Waktu Pemasakan pada Pembuatan Pulp dari Sabut Kelapa Muda. *Jurnal Teknik Kimia*, 16(3): 35-44.
- Shihab, M.Q. 2003. *Tafsir Misbah: Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an*. Jakarta: Lentera Hati.
- Sonmez, M., Fikai, A., Fikai, D., Trusca, R., dan Andronescu, E. 2016. Alginate/Cellulose Composite Beads for Environmental Applications. *Scientific Bulletin*, 78(2): 165-176.
- 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.
- 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.
- 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.

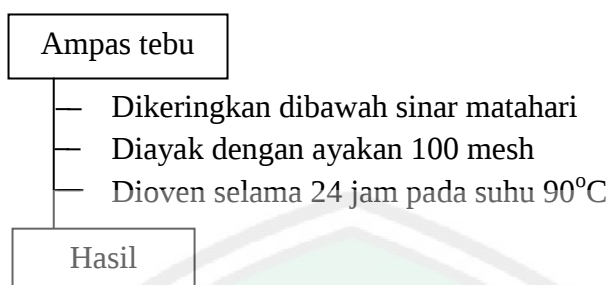
LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan Penelitian

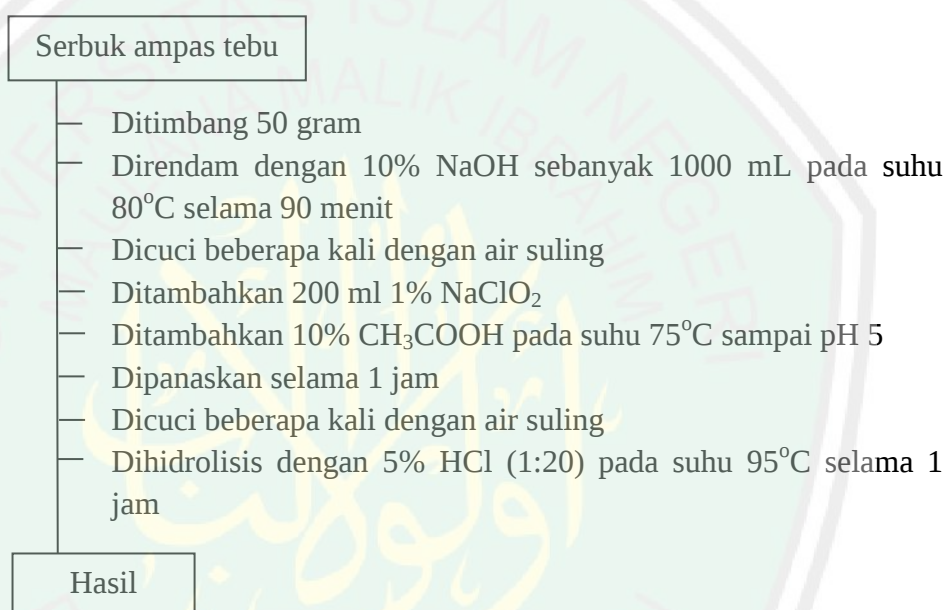


Lampiran 2. Diagram Alir

1. Preparasi Sampel

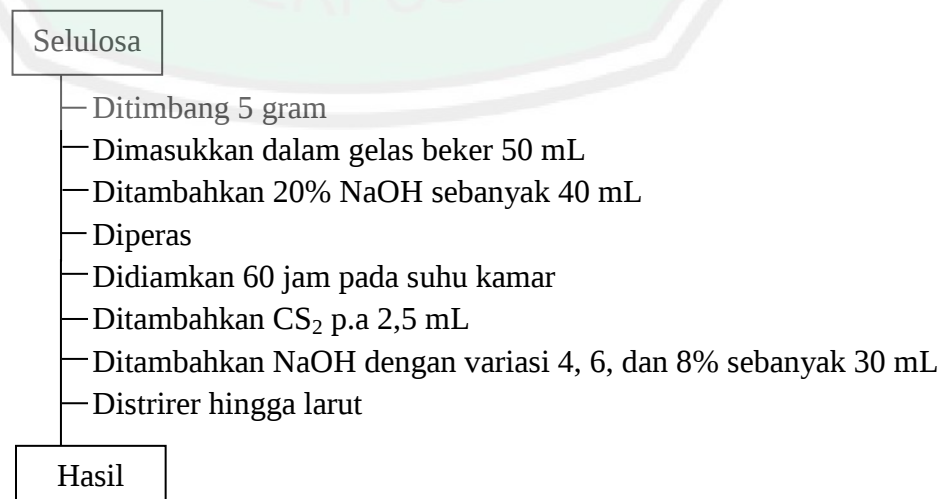


2. Ekstraksi Selulosa dari Ampas Tebu



3. Penentuan Konsentrasi Terbaik NaOH dalam Pembuatan Larutan Viskosa

a. Pembuatan larutan viskosa



b. Densitas**Piknometer**

- Dicuci menggunakan aseton
- Dikeringkan menggunakan *hair dryer*
- Ditimbang
- Dimasukkan larutan viskosa dengan variasi NaOH 4, 6, dan 8% dalam piknometer 25 mL
- Diulang sampai tiga kali (triplo)
- Dibersihkan sisa larutan yang tumpah
- Ditimbang
- Dihitung densitas berdasarkan persamaan 2.1

Hasil**c. Viskositas dan berat molekul****Viskometer oswald**

- Dicuci menggunakan aseton
- Dikeringkan menggunakan *hair dryer*
- Dimasukkan larutan viskosa dengan variasi NaOH 4, 6, dan 8% sebanyak 5 mL
- Dinaikkan larutan sampai garis teratas
- Dihitung waktu yang diperlukan larutan untuk menuruni dua garis dengan stopwatch
- Diulangi sampai tiga kali
- Dihitung viskositas dan berat molekul berdasarkan persamaan 2.2 sampai 2.7

Hasil

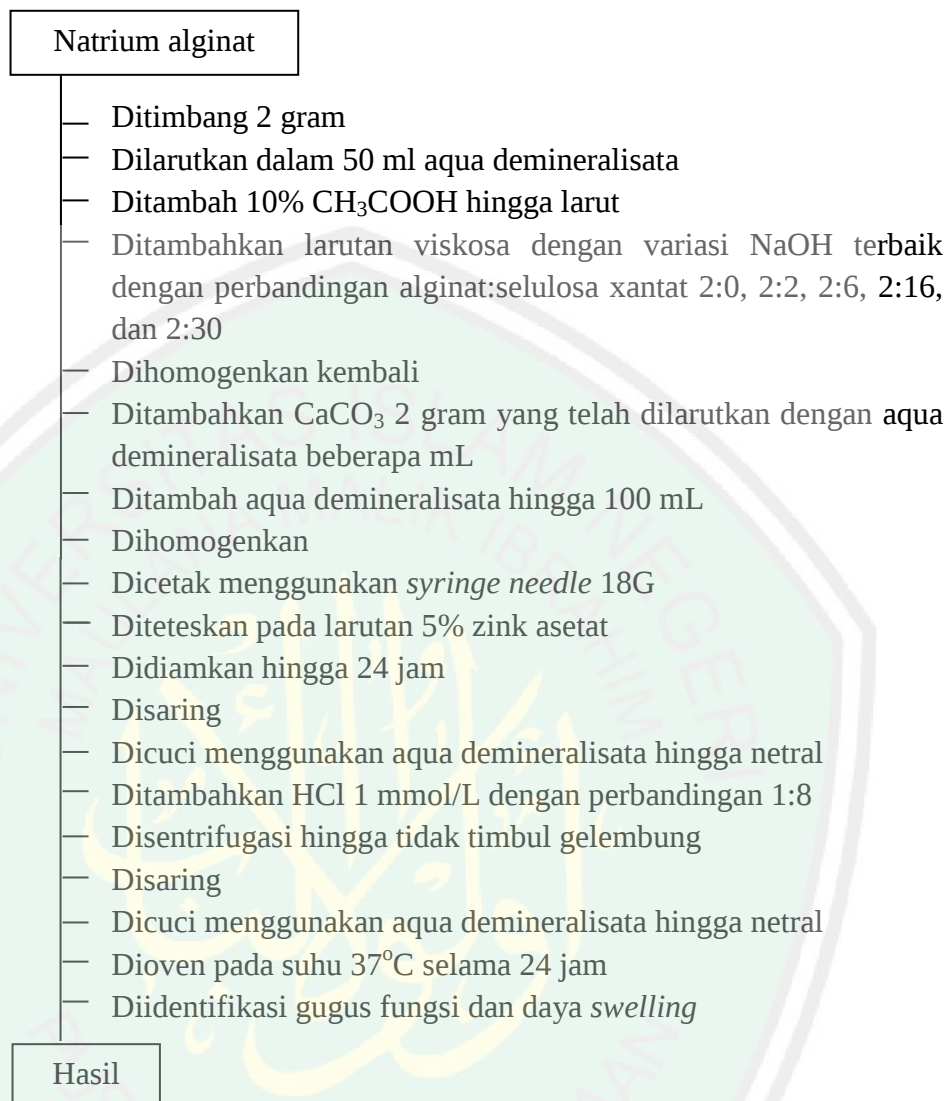
4. Penentuan Konsentrasi Terbaik NaOH dalam Pembuatan *Beads*

Natrium alginat

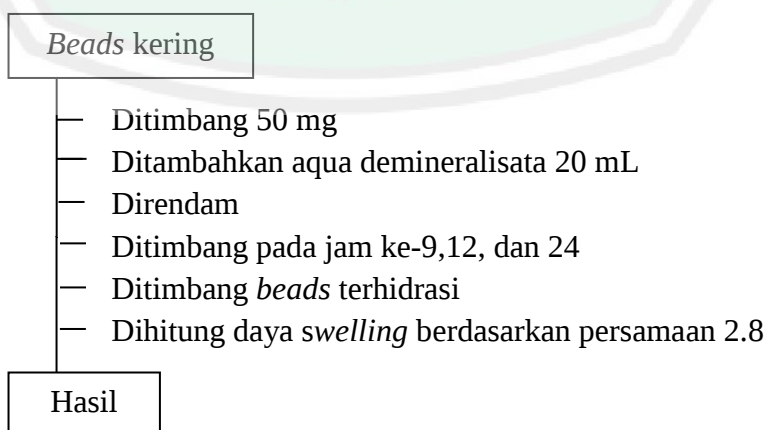
- Ditimbang 2 gram
- Dilarutkan dalam 50 mL aqua demineralisata
- Ditambah 10% CH_3COOH hingga larut
- Ditambahkan larutan viskosa dengan variasi NaOH 4, 6, dan 8% sebanyak 2 gram
- Dihomogenkan kembali
- Ditambahkan CaCO_3 2 gram yang telah dilarutkan dengan aqua demineralisata beberapa mL
- Ditambah aqua demineralisata hingga 100 mL
- Dihomogenkan
- Dicetak menggunakan *syringe needle* 18G
- Ditetaskan pada larutan 5% zink asetat
- Didiamkan hingga 24 jam
- Disaring
- Dicuci menggunakan aqua demineralisata hingga netral
- Ditambahkan HCl 1 mmol/L dengan perbandingan 1:8
- Disentrifugasi hingga tidak timbul gelembung
- Disaring
- Dicuci menggunakan aqua demineralisata hingga netral
- Dioven pada suhu 37°C selama 24 jam
- Diidentifikasi gugus fungsi dan daya *swelling*

Hasil

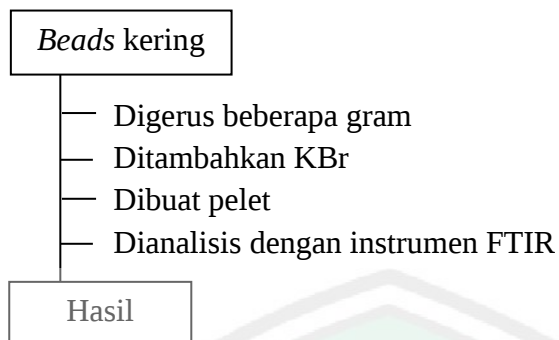
5. Penentuan Komposisi Terbaik Alginat:Selulosa Xantat dalam Pembuatan Beads



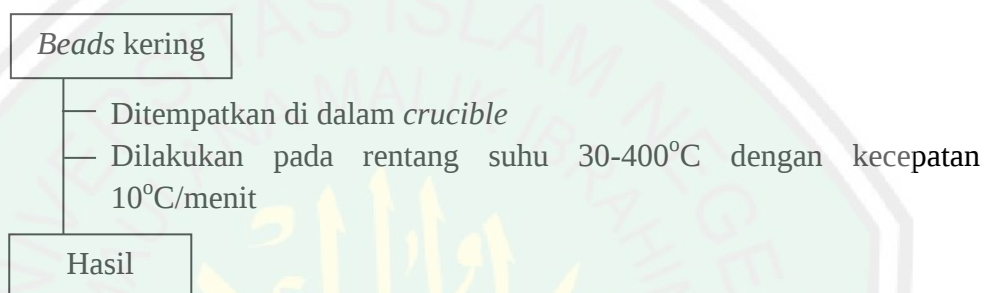
6. Daya Swelling



7. FTIR



8. DSC



Lampiran 3. Preparasi Larutan

1. Ekstraksi Selulosa

a. NaOH 10% dalam 1000 mL

Diketahui:

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

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

Ditanya: m

Jawab:

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

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

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

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

b. NaClO₂ 1% dalam 250 mL

Diketahui:

$$M_1 = 1\%$$

$$M_2 = 25\%$$

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

Ditanya: V_1

Jawab:

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

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

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

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

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

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 akuades.

2. Preparasi Beads

a. NaOH 20% dalam 100 mL

Diketahui:

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

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

Ditanya: m

Jawab:

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

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

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

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

b. Zink asetat 5% dalam 100 mL

Diketahui:

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

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

Ditanya: %

Jawab: m

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

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

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

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

c. HCl 1 mmol/L

Diketahui:

$$bj = 1,19 \frac{\text{gr}}{\text{mL}}$$

$$Mr = 36,5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

$$M = 37\%$$

$$M_2 = 0,001$$

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

Ditanya: V_1

Jawab:

$$M = \% \times bj \times \frac{1000}{Mr} \dots\dots\dots (L.3.2 (c))$$

$$M = 37\% \times 1,19 \frac{\text{gr}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \frac{\text{mL}}{\text{L}}}{36,5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}}$$

$$M = \frac{440,3 \text{ mol}}{36,5 \text{ L}}$$

$$M = 12,06 \frac{\text{mol}}{\text{L}} (M)$$

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$12,06 \times V_1 = 0,001 \times 1000 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{0,001 \times 1000 \text{ mL}}{12,06}$$

$$V_1 = 0,1 \text{ mL}$$

Jadi, larutan HCl 1 mmol/L dibuat dengan HCl 37% dengan mengencerkan 0,1 mL HCl dalam 1000 mL akuades.

Lampiran 4. Perhitungan

1. Rendemen Selulosa

$$\begin{aligned} \text{Rendemen} &= \frac{\text{Berat setelah ekstraksi}}{\text{Berat awal}} \times 100\% \dots\dots\dots(\text{L.4.1}) \\ &= \frac{16,13 \text{ gr}}{50,03 \text{ gr}} \times 100\% \\ &= 32,2\% \end{aligned}$$

2. Penentuan Densitas

Perhitungan densitas NaOH menggunakan persamaan 2.1. Data-data untuk perhitungan densitas 4% NaOH adalah:

$$\begin{aligned} d_{\text{aquades}} (26^{\circ}\text{C}) &= 0,9967867 \frac{\text{gr}}{\text{mL}} \\ m_{\text{aquades}} &= 24,431 \text{ gr} \rightarrow v_{\text{piknometer}} = 24,510 \text{ mL} \\ m_{4\% \text{ NaOH}} &= 25,655 \text{ gr} \end{aligned}$$

Sehingga, densitas 4% NaOH adalah:

$$d = \frac{m}{v} = \frac{25,655 \text{ gr}}{24,510 \text{ mL}} = 1,047 \frac{\text{gr}}{\text{mL}}$$

Perhitungan densitas NaOH variasi lain dan larutan viskosa dilakukan dengan cara yang sama. Nilai densitas variasi NaOH dan larutan viskosa ditampilkan pada Tabel L.4.2.

Tabel L.4.2 Nilai densitas variasi NaOH dan larutan viskosa

Variasi sampel	Densitas (gr/ml)
4% NaOH	1,047
6% NaOH	1,069
8% NaOH	1,080
CXA-1	1,071
CXA-2	1,099
CXA-3	1,085

3. Penentuan Viskositas Larutan Viskosa

Perhitungan viskositas NaOH menggunakan persamaan 2.2. Data-data untuk perhitungan viskositas NaOH dengan konsentrasi 4% adalah:

$$\eta_0 (26^{\circ}\text{C}) = 0,8705 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}$$

$$d_0 = 0,9967867 \frac{\text{gr}}{\text{mL}}$$

$$t_0 = 0,81 \text{ s}$$

$$t_1 = 0,81 \text{ s}$$

Sehingga, viskositas CXA-1 adalah:

$$\frac{\eta_0}{\eta_1} = \frac{d_0 t_0}{d_1 t_1} = \frac{0,8705 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}}{\eta_1} = \frac{0,9967867 \frac{\text{gr}}{\text{mL}} \times 0,81 \text{ s}}{1,071 \frac{\text{gr}}{\text{mL}} \times 5,49 \text{ s}}$$

$$= \frac{5,118 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}}{0,807}$$

$$\eta_1 = 0,006 \text{ Pa.s}$$

Perhitungan viskositas CXA variasi lain dilakukan dengan cara yang sama. Nilai viskositas variasi CXA ditampilkan pada Tabel L.4.3.

Tabel L.4.3 Nilai viskositas variasi CXA

Variasi sampel	Viskositas (Pa.s)
CXA-1	0,006
CXA-2	0,024
CXA-3	0,008

4. Penentuan Viskositas Pelarut

Perhitungan viskositas NaOH menggunakan persamaan 2.3. Data-data untuk perhitungan viskositas NaOH dengan konsentrasi 4% adalah:

$$t^* = 0,91 \text{ s}$$

$$t = 5,49 \text{ s}$$

$$\eta = 0,006 \text{ Pa.s}$$

Sehingga, viskositas 4% NaOH adalah:

$$\eta^* = \frac{t^*}{t} \times \eta = \frac{0,91}{5,49} \times 0,006 = 0,0010 \text{ Pa.s}$$

Perhitungan viskositas NaOH variasi lain dilakukan dengan cara yang sama. Nilai viskositas variasi NaOH ditampilkan pada Tabel L.4.4.

Tabel L.4.4 Nilai viskositas variasi NaOH

Variasi sampel	Viskositas (Pa.s)
4% NaOH	0,0010
6% NaOH	0,0013
8% NaOH	0,0018

5. Penentuan Viskositas Spesifik

Perhitungan viskositas spesifik CXA menggunakan persamaan 2.4. Data-data untuk perhitungan viskositas spesifik CXA yang dilarutkan dalam 4% NaOH (CXA-1) adalah:

$$\eta = 0,006 \text{ Pa.s}$$

$$\eta^* = 0,0010 \text{ Pa.s}$$

Sehingga, viskositas spesifik CXA-1 adalah:

$$\eta_{sps} = \frac{\eta - \eta^*}{\eta^*} = \frac{(0,006 - 0,0010) \text{ Pa.s}}{0,0010 \text{ Pa.s}} = 5$$

Perhitungan viskositas spesifik CXA variasi lain dilakukan dengan cara yang sama. Nilai viskositas spesifik variasi CXA ditampilkan pada Tabel L.4.5.

Tabel L.4.5 Nilai viskositas spesifik variasi CXA

Variasi sampel	Viskositas spesifik
CXA-1	5
CXA-2	17,461
CXA-3	3,444

6. Penentuan Viskositas Intrinsik

Perhitungan viskositas intrinsik CXA menggunakan persamaan 2.5. Data-data untuk perhitungan viskositas intrinsik CXA-1 adalah:

$$\begin{aligned}\eta_{sps} &= 5 \\ C &= 0,04\end{aligned}$$

Sehingga, viskositas intrinsik CXA-1 adalah:

$$\eta_{int} = \frac{\eta_{sps}}{C} = \frac{5}{0,04} = 125$$

Perhitungan viskositas intrinsik CXA variasi lain dilakukan dengan cara yang sama. Nilai viskositas intrinsik variasi CXA ditampilkan pada Tabel L.4.6.

Tabel L.4.6 Nilai viskositas intrinsik variasi CXA

Variasi sampel	Viskositas intrinsik
CXA-1	125
CXA-2	291,017
CXA-3	43,05

7. Penentuan Berat Molekul

Perhitungan berat molekul CXA menggunakan persamaan Mark-Houwink (persamaan 2.6). Data-data untuk perhitungan berat molekul CXA-1 adalah:

$$\begin{aligned}\eta_{int} &= 125 \\ K &= 3,1 \times 10^{-3} \\ a &= 0,95\end{aligned}$$

Sehingga, berat molekul CXA-1 adalah:

$$\begin{aligned}\eta_{int} &= KM^a \\ 125 &= 3,1 \times 10^{-3} M^{0,95} \\ 0,95 \log M &= \log \frac{125}{3,1 \times 10^{-3}} = \frac{4,605}{0,95} = 70.460,312 \frac{gr}{mol}\end{aligned}$$

Perhitungan berat molekul CXA variasi lain dilakukan dengan cara yang sama. Nilai viskositas berat molekul variasi CXA ditampilkan pada Tabel L.4.7.

Tabel L.4.7 Nilai viskositas berat molekul variasi CXA

Variasi sampel	Berat molekul (gr/mol)
CXA-1	70.460,312
CXA-2	171.686,774
CXA-3	22.942,653

8. Daya Swelling

Perhitungan daya *swelling beads* CXA menggunakan persamaan 2.7. Data-data untuk perhitungan daya *swelling beads* CXA-1 adalah:

$$(W_t - W_o)_{rata} = 16,7 \text{ mg}$$

$$W_o = 50,1 \text{ mg}$$

Sehingga, daya *swelling beads* CXA-1 adalah:

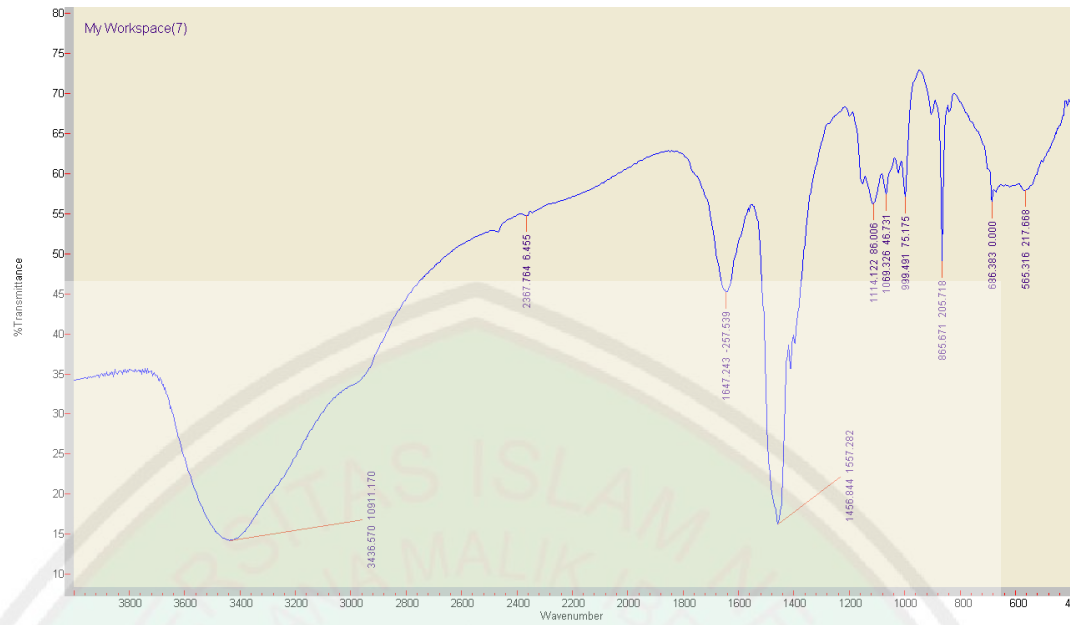
$$\text{Swelling} = \frac{W_t - W_o}{W_o} \times 100\% = \frac{16,7}{50,1} \times 100\% = 33,3\%$$

Perhitungan daya *swelling beads* CXA variasi lain dan *beads* variasi komposisi dilakukan dengan cara yang sama. Nilai daya *swelling beads* variasi CXA dan *beads* variasi komposisi ditampilkan pada Tabel L.4.8.

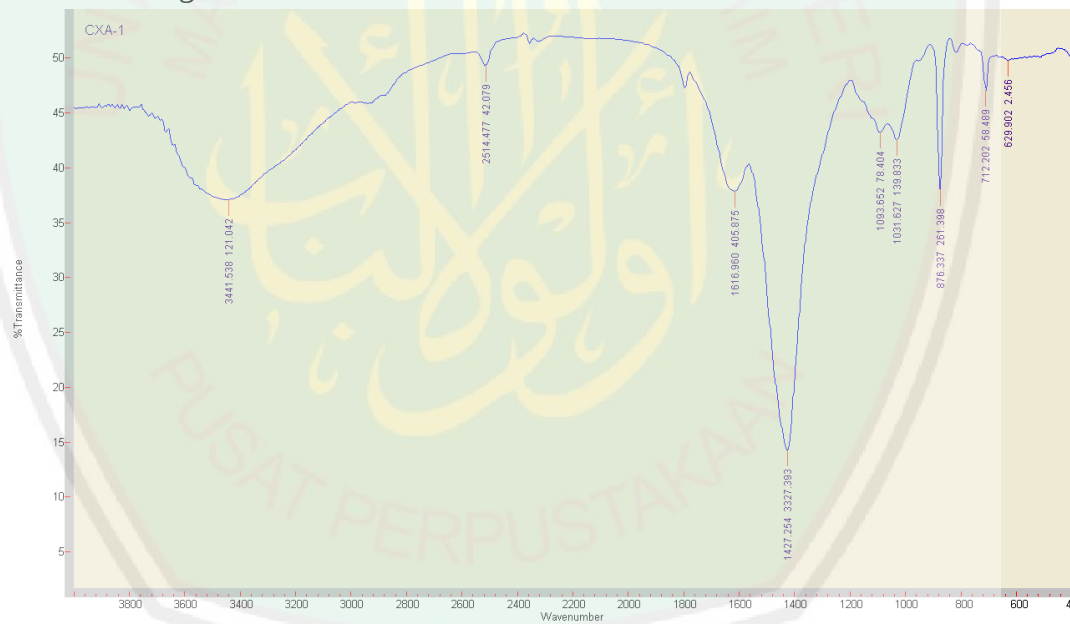
Tabel L.4.8 Nilai daya *swelling beads* variasi CXA dan *beads* variasi komposisi

Beads	Waktu (jam)	Berat (mg)					Daya
		W _o (mg)	W _t - W _o (mg)			(W _t - W _o) _{rata} (mg)	Swelling (%)
			1	2	3		
CXA-1	9	50,1	16,3	14,7	19,0	16,7	33,3
	12	50,8	25,4	23,3	23,7	24,1	47,4
	24	50,5	22,5	22,7	22,9	22,7	44,9
CXA-2	9	52,3	24,2	23,1	22,8	23,4	44,7
	12	51,9	27,8	26,5	24,9	26,4	50,8
	24	52,3	25,7	24,9	23,8	24,8	47,4
CXA-3	9	51,5	18,1	17,8	19,1	18,3	35,5
	12	51,9	24,3	23,4	21,0	22,9	44,1
	24	50,9	20,4	21,7	18,7	20,3	39,9
2:0	9	51,2	21,3	22,2	19,9	21,1	41,2
	12	50,3	16,2	18,7	18,3	17,7	35,2
	24	53,8	24,0	22,8	23,0	23,3	43,3
2:2	9	52,3	24,2	23,1	22,8	23,4	44,7
	12	51,9	27,8	26,5	24,9	26,4	50,8
	24	52,3	25,7	24,9	23,8	24,8	47,4
2:6	9	50,5	33,1	30,4	29,8	31,1	61,6
	12	49,5	31,3	32,7	30,0	31,5	63,6
	24	49,4	31,7	30,0	29,8	31,5	63,8
2:16	9	50,4	54,7	49,7	45,8	50,1	99,4
	12	49,3	33,6	32,9	32,0	32,8	66,5
	24	52,5	47,3	44,8	46,8	46,3	88,2
2:30	9	61,7	92,0	87,1	88,5	89,2	88,2
	12	48,8	89,6	85,7	86,0	87,1	144,6
	24	65,7	104,5	90,7	101,8	99,0	150,7

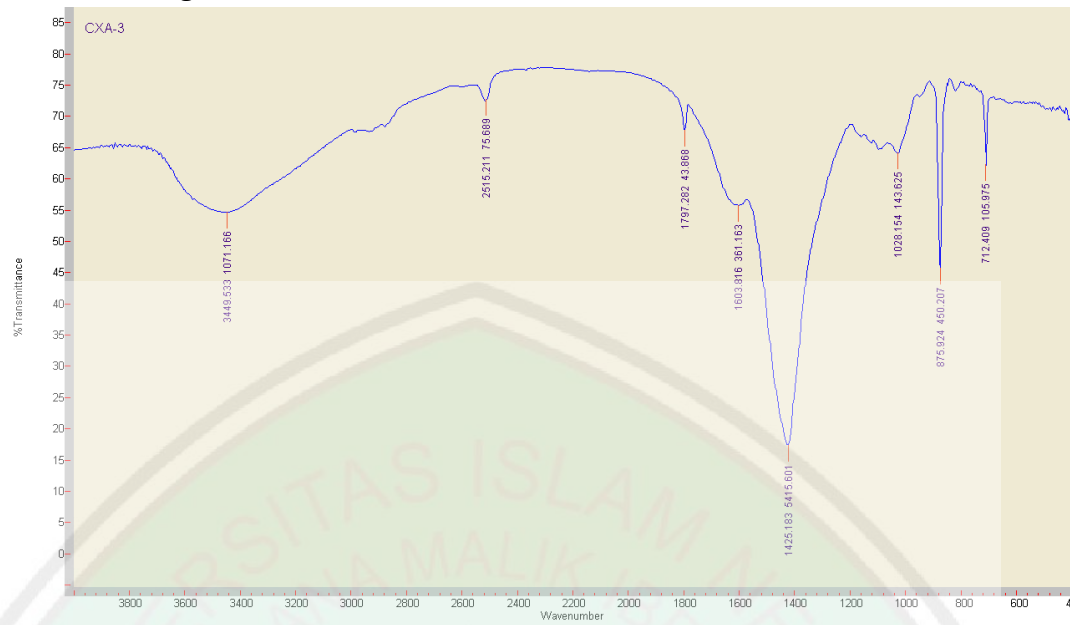
c. Selulosa Xantat



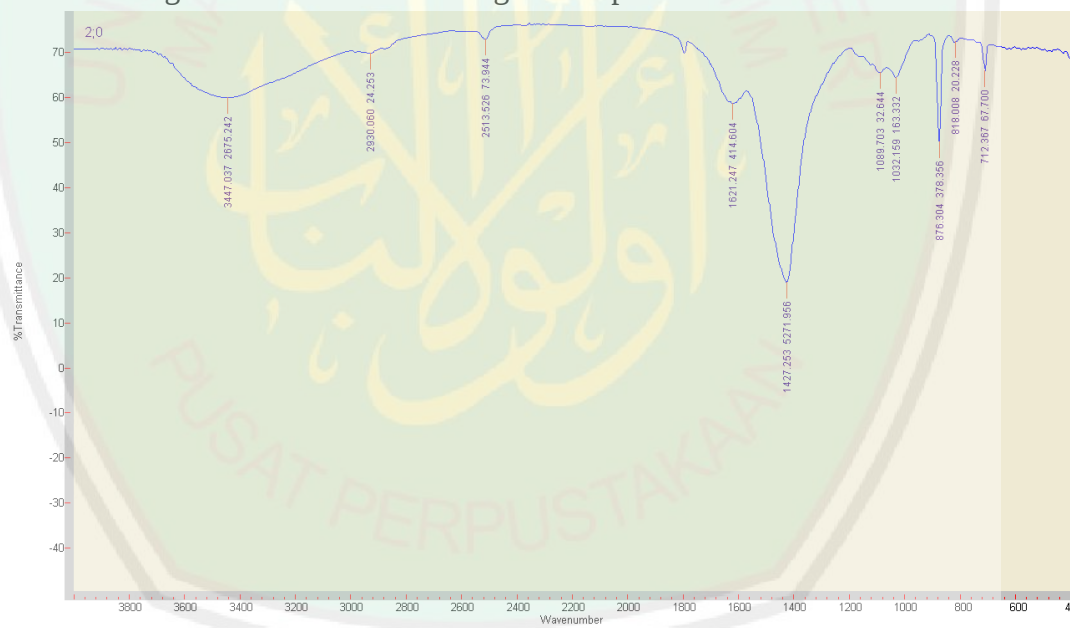
d. Beads dengan CXA-1



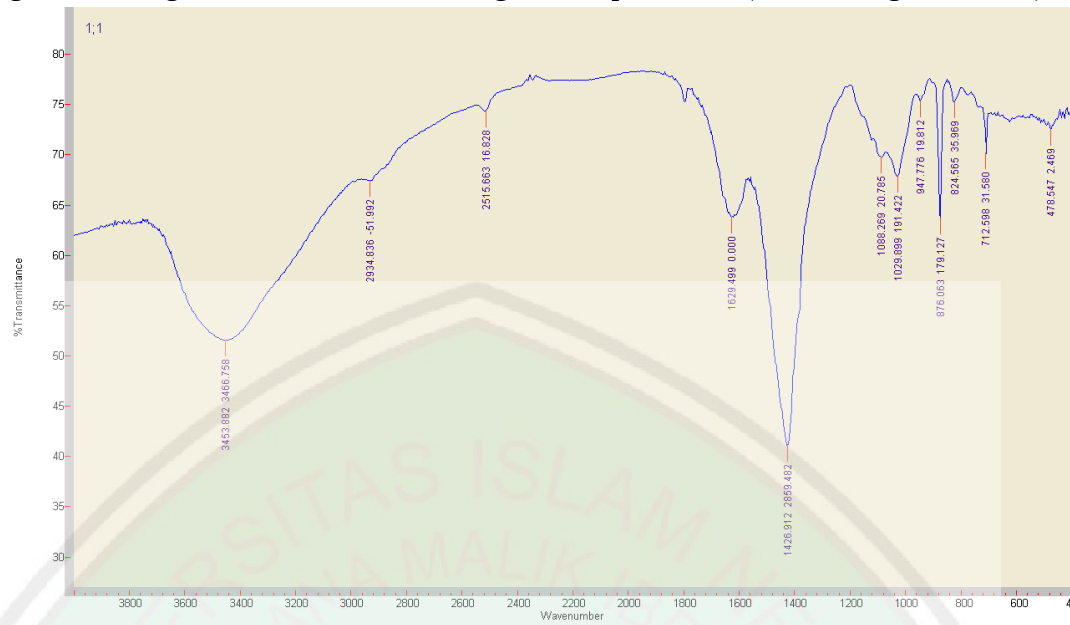
e. *Beads* dengan CXA-3



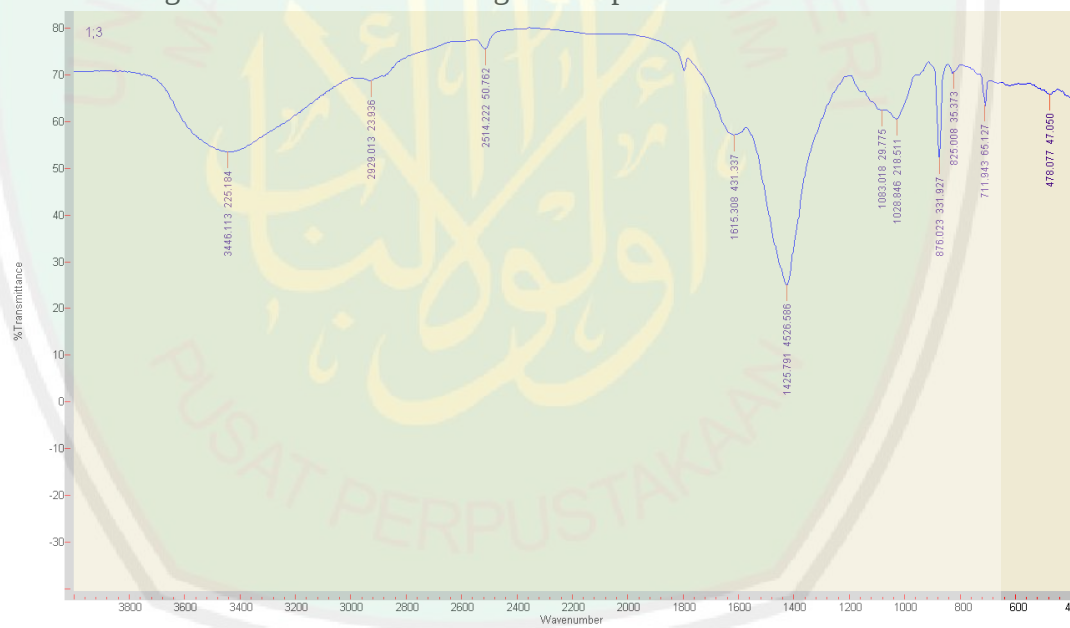
f. *Beads* Alginat:Selulosa Xantat dengan Komposisi 2:0



g. *Beads Alginat:Selulosa Xantat dengan Komposisi 2:2 (Beads dengan CXA-2)*

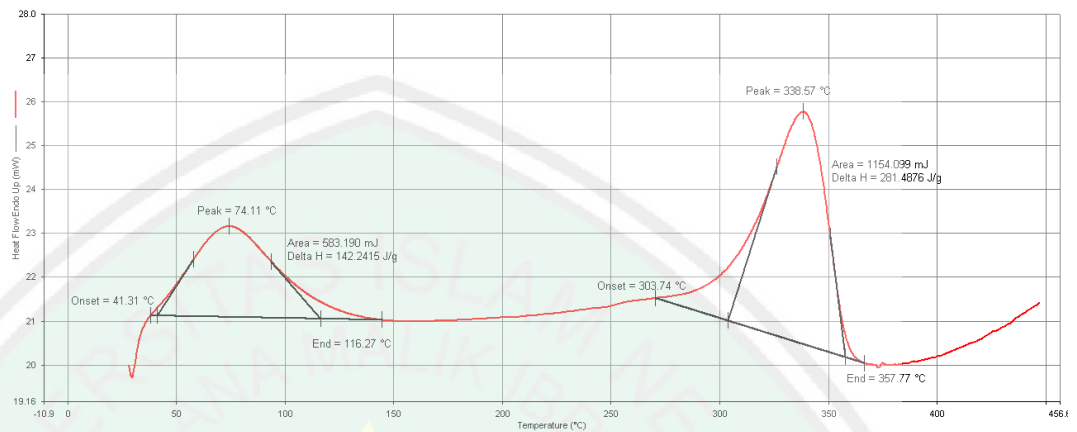


h. *Beads Alginat:Selulosa Xantat dengan Komposisi 2:6*

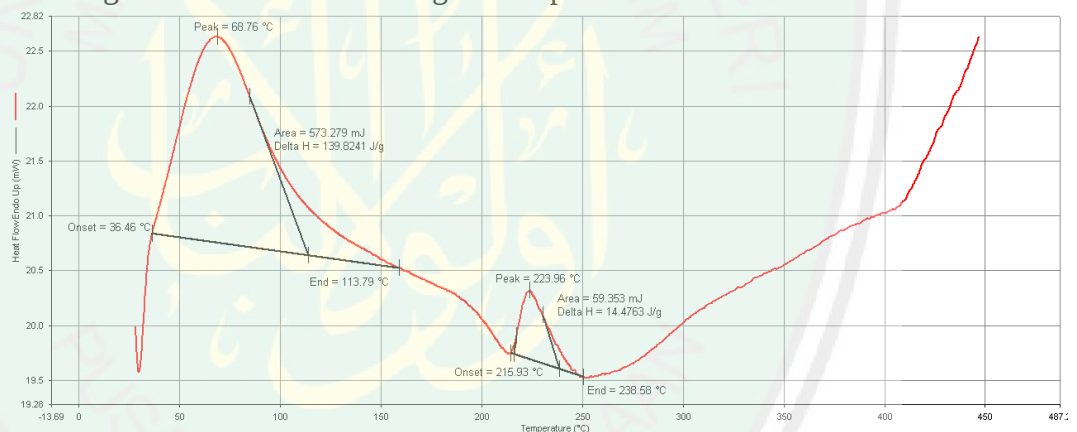


2. Termogram DSC

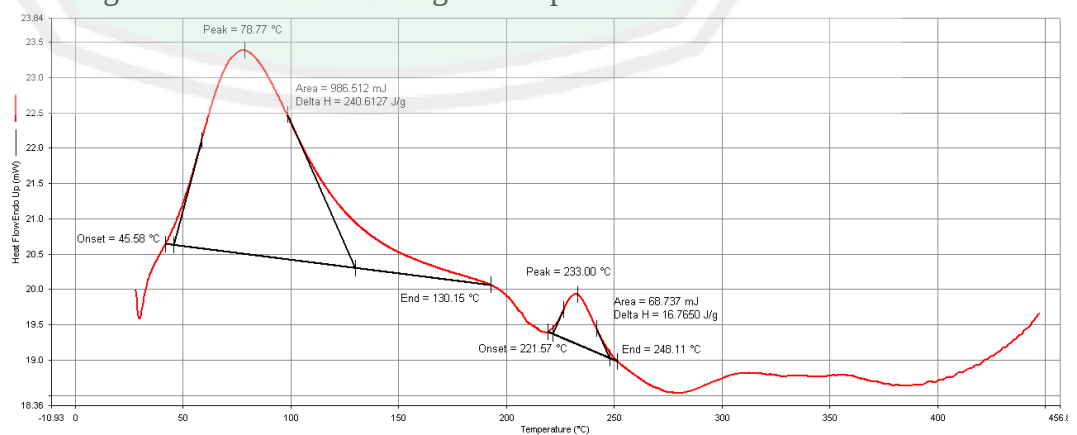
a. Fiber Selulosa



b. Beads Alginat:Selulosa Xantat dengan Komposisi 2:0



c. Beads Alginat:Selulosa Xantat dengan Komposisi 2:2



d. *Beads Alginat:Selulosa Xantat dengan Komposisi 2:6*

