



**KAJIAN ADSORPSI BOVINE SERUM ALBUMIN
PADA SELULOSA HASIL HIDROLISIS**

SKRIPSI

Oleh

Zulfaturrohmah

NIM 121810301077

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER**

2017



**KAJIAN ADSORPSI BOVINE SERUM ALBUMIN PADA SELULOSA
HASIL HIDROLISIS**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Kimia (S1) dan mencapai gelas Sarjana Sains

Oleh
Zulfaturrohmaniah
NIM 121810301077

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2017

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Ayahanda Abdurahman, Ibunda Masitah dan Adik Moh. Malkan Kafabihi tercinta atas doa, dukungan dan motivasi yang diberikan selama ini.
2. Segenap keluarga besar atas doa, dukungan dan motivasi yang diberikan selama ini.
3. Guru-guru dari Taman Kanak-kanak sampai perguruan tinggi, Guru ngaji Pesantren Miftahussalam dan Ponpes El-Aniesah Jember atas ilmu dan doa selama ini.
4. Almamater Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTO

“Jika kamu bersungguh-sungguh, kesungguhan itu untuk kebaikanmu sendiri
(terjemahan Surat Al-Ankabut ayat 6)”*)

“Orang-orang hebat di bidang apapun bukan baru bekerja karena mereka terinspirasi, namun mereka menjadi terinspirasi karena mereka lebih suka bekerja. Mereka tidak menyia-nyiakan waktu untuk menunggu inspirasi”**)

*)Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT KumudasmoroGrafindo.

**) Ernest Newman. 1899. *A Study of Wagner*. Everton: Viena House.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zulfaturrohmaniah

NIM : 121810301077

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Kajian Adsorpsi Bovine Serum Albumin pada Selulosa Hasil Hidrolisis” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 14 Juni 2017

Yang menyatakan,

Zulfaturrohmaniah
NIM 121810301077

SKRIPSI

**KAJIAN ADSORPSI BOVINE SERUM ALBUMIN PADA SELULOSA
HASIL HIDROLISIS**

Oleh

Zulfaturrohmaniah
NIM 121810301077

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utam : Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Tanti Haryati, S.Si., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Kajian Adsorpsi Bovine Serum Albumin pada Selulosa Hasil Hidrolisis” karya Zulfaturrohmaniah telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Jember

Tim Penguji

Ketua,

Anggota I

Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si.
NIP. 197107031997021001

Tanti Haryati, S.Si., M.Si.
NIP. 198010292005012002

Anggota II,

Anggota III,

Dr. Anak Agung Istri Ratnadewi, S.Si., M.Si.
NIP. 197012251997022001

Novita Andarini, S.Si., M.Si.
NIP. 197211122000032001

Mengesahkan
Dekan,

Drs. Sujito, Ph.D.
NIP. 196102041987111001

RINGKASAN

Kajian Adsorpsi Bovine Serum Albumin pada Selulosa Hasil Hidrolisis; Zulfaturrohmaniah, 121810301077; 2017: 51 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Salah satu modifikasi pada selulosa dilakukan secara hidrolisis asam. Modifikasi ini banyak digunakan untuk membuat nanoselulosa yaitu selulosa berukuran nanometer (nanoselulosa) dengan sifat kekuatan tarik yang tinggi, kristalinitas tinggi, luas permukaan besar dan udah terdispersi. Keunggulan sifat-sifat ini menjadikan nanoselulosa banyak digunakan sebagai adsorben. Aplikasinya sebagai adsorben, nanoselulosa digunakan untuk adsorpsi zat warna, logam dan juga protein. Penelitian ini secara umum bertujuan untuk memodifikasi selulosa secara hidrolisis asam dan mengaplikasikannya sebagai adsorben. Hidrolisis dilakukan menggunakan asam sulfat 50%. Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk mengkaji adsorpsi bovine serum albumin (BSA) pada selulosa hasil hidrolisis. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui karakteristik dari selulosa hasil hidrolisis dan mengetahui pengaruh pH dan kekuatan ionik terhadap adsorpsi BSA pada selulosa hasil hidrolisis.

Untuk mencapai tujuan ini penelitian dilakukan 2 tahap yaitu: (1) modifikasi selulosa menjadi selulosa hasil hidrolisis berukuran nanometer dengan hidrolisis asam dan (2) adsorpsi BSA pada selulosa hasil hidrolisis dengan variasi pH dan kekuatan ionik. Hasil yang diperoleh pada tahap 1 menunjukkan bahwa secara struktur terjadi perubahan struktur permukaan yang lebih halus pada selulosa hasil hidrolisis dan terbentuknya gugus sulfat pada rantai selulosa hasil hidrolisis, derajat kristalinitas selulosa hasil hidrolisis meningkat dari 80,03% menjadi 94,4%, dan jumlah muatan gugus sulfat pada selulosa hasil hidrolisis yaitu sebesar 285 mmol/Kg. Namun ditinjau dari ukuran partikelnya, hasil yang diperoleh berkisaran pada 48,4 μm , yang mana hasil tersebut belum mencapai ukuran nanometer. Hasil pada tahap 2 mengenai adsorpsi BSA pada selulosa hasil hidrolisis menunjukkan bahwa pH maksimum terjadi pada saat pH 4 dengan

jumlah BSA yang teradsorpsi 32 mg/g, sementara untuk pengaruh kekuatan ionik pada saat konsentrasi NaCl 0,02 M hingga 0,10 M jumlah BSA yang teradsorpsi menurun dari 27,18 mg/g hingga 13,12 mg/g. Hasil penelitian perlu dilanjutkan untuk memperoleh hasil yang lebih baik yaitu pada proses sonikasi dan ditambahkan penelitian mengenai isoterm adsorpsi.



PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala nikmat, rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kajian Adsorpsi Bovine Serum Albumin pada Selulosa Hasil Hidrolisis”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Drs. Sujito, Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Kepala Laboratorium Kimia Fisik dan Kimia Organik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember dan Kepala Laboratorium CDAST Universitas Jember;
4. Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si. dan Tanti Haryati, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Anggota, Dr. Anak Agung Istri Ratnadewi, S.Si., M.Si. dan Novita Andarini, S.Si., M.Si. selaku Dosen Penguji I dan Penguji II;
5. Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan motivasi dan dukungan dalam penyelesaian pendidikan di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
6. Dosen-dosen Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan;
7. Teknisi-teknisi Laboratorium Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember dan Teknisi laboratorium CDAST Universitas Jember;

8. Sahabat-sahabat setia saya yaitu Lia, Ayu, Novin, Uwik, Ines, Wulan dan Suwi yang selalu memberikan semangat sehingga studi penulis terselesaikan dengan baik;
9. Teman-teman Lanthanida 2012 dan teman-teman satu proyek Ayu, Lia dan Agus yang selalu kerjasama untuk terselesaikannya penelitian dengan baik;
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Besar harapan penulis, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat untuk semua pihak. Amin.

Jember, 14 Juni 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN BIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
HALAMAN PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Modifikasi Selulosa	4
2.2 Sintesis Nanoselulosa	5
2.3 Albumin	8
2.4 Adsorpsi	9
2.4.1 Jenis-Jenis Adsorpsi.....	10
2.4.2 Adsorpsi Protein	11
2.5 Titrasi Konduktometri	13
2.6 Fourier Transmission Infra Red (FTIR)	14
2.7 Scanning Elektron Microcopy (SEM)	16

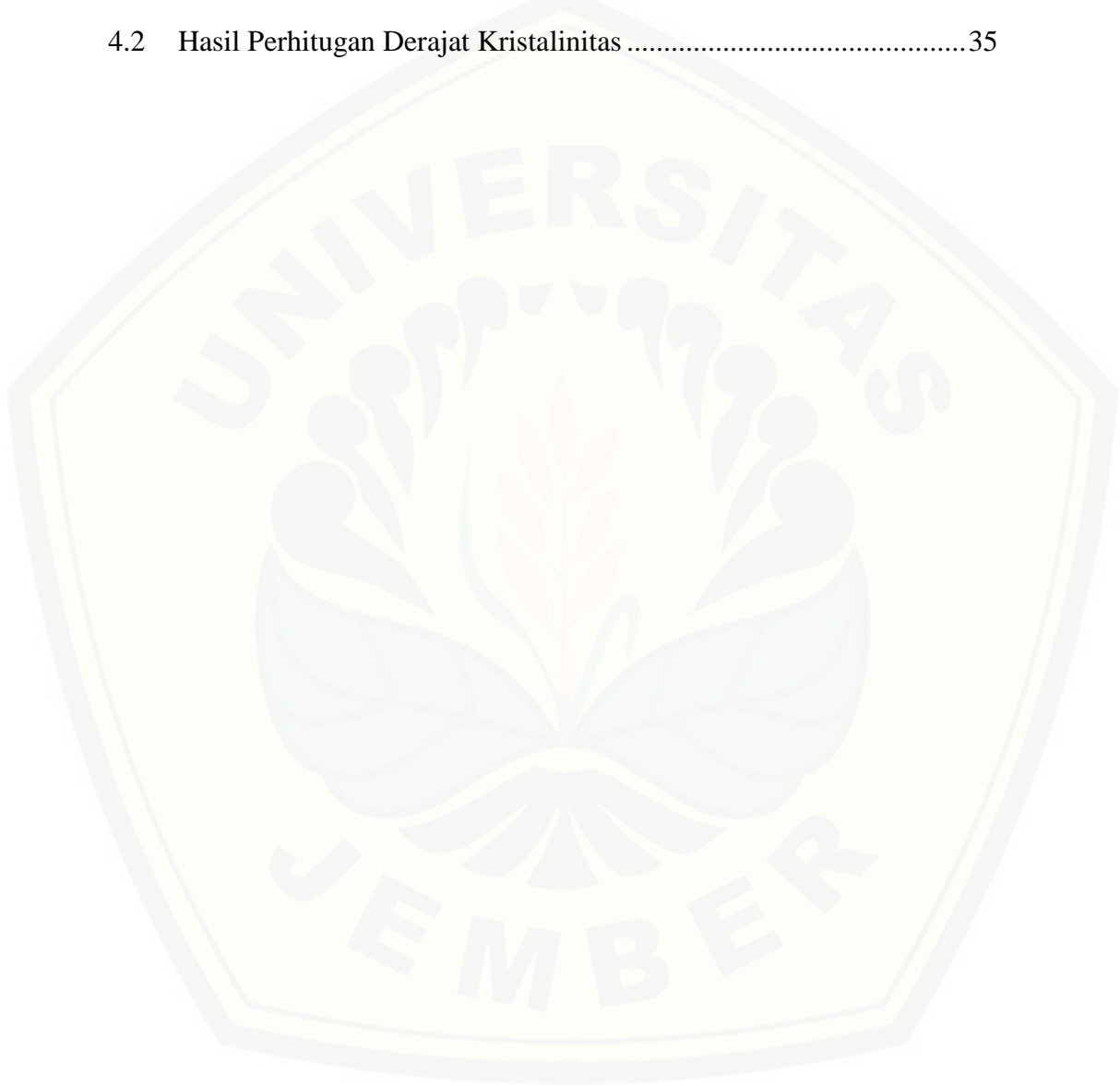
2.8 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	17
2.9 Spektrofotometri UV-Vis	18
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	20
3.2 Alat dan Bahan.....	20
3.2.1 Alat.....	20
3.2.2 Bahan	20
3.3 Prosedur Penelitian.....	20
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Karakteristik Selulosa Hasil Hidrolisis.....	31
4.1.1 Gugus Fungsi dengan FTIR	31
4.1.2 Derajat Kristalinitas dengan Difraksi X-Ray	34
4.1.3 Struktur Morfologi dengan SEM	35
4.2.4 Jumlah Gugus Sulfat dengan Titrasi Konduktometri	37
4.2 Adsorpsi Bovine Serum Albumin (BSA) pada Selulosa Hasil Hidrolisis (StH).....	39
4.2.1 Pengaruh pH Terhadap Adsorpsi BSA pada Selulosa Hasil Hidrolisis	41
4.2.2 Pengaruh Kekuatan Ionik Terhadap Adsorpsi BSA pada Selulosa Hasil Hidrolisis.....	42
BAB 5. PENUTUP	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	52

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Struktur Kimia Selulosa.....	4
2.2 Hidrolisis Asam Memecah Bagian Amorf dan Isolasi Nanokristal....	5
2.3 Mekanisme Hidrolisis Asam.....	6
2.4 Mekanisme Reaksi Sulfatasi pada Selulosa.....	7
2.5 Skema Interaksi Protein pada Permukaan Padat	12
2.6 Kurva Titrasi Konduktometri	14
2.7 Proses Tumbukan Sinar X pada Atom	17
3.1 Diagram Alir Penelitian	21
3.2 Kurva Titrasi Konduktometri	25
4.1 Serbuk Selulosa Hasil Hidrolisis (StH)	31
4.2 Spektra IR Selulosa.....	32
4.3 Spektra IR Selulosa pada Daerah Serapan 2000-500 cm ⁻¹	33
4.4 Difraktogram Hasil Analisis Difraksi Sinar X.....	34
4.5 Morfologi Selulosa	36
4.6 Kurva Titrasi Konduktometri	38
4.7 Kurva Penentuan Panjang Gelombang Maksimum.....	40
4.8 Kurva Standar BSA	41
4.9 Pengaruh pH terhadap Adsorpsi BSA	41
4.10 Pengaruh Kekuatan Ionik Terhadap Adsorpsi BSA	43

DAFTAR TABEL

	Halaman
4.1 Bilangan Gelombang Gugus Fungsi Selulosa Sebelum dan Setelah Hidrolisis	32
4.2 Hasil Perhitungan Derajat Kristalinitas	35



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Perhitungan dan Pengolahan Data	52
A.1 Pembuatan Larutan H ₂ SO ₄	52
A.2 Pembuatan Larutan NaOH 0,01 M	52
A.3 Pembuatan Larutan NaCl 0,001 M	52
A.4 Pembuatan Asam Oksalat 0,01 M	52
A.5 Pembuatan Larutan HCl 0,05 M	52
A.6 Standarisasi NaOH 0,01 M dengan Asam Oksalat 0,01 M	53
A.7 Pembuatan Etanol 95%	53
A.8 Pembuatan Larutan Standart BSA	54
A.9 Pembuatan Larutan BSA 400 mg/L	54
A.10 Pembuatan Buffer	54
A.11 Pembuatan Larutan NaCl Variasi Konsentrasi	55
A.12 Perolehan Rendemen (<i>Yield</i>) Nanoselulosa	55
B. Karakterisasi Nanoselulosa	57
B.1 Hasil Spektra IR	57
B.1.1 Spektrum IR Selulosa Sebelum Hidrolisis	57
B.1.2 Spektrum IR Selulosa Setelah Hidrolisis.....	57
B.2 Analisis Ukuran Partikel dengan SEM.....	58
B.3 Analisis XRD	60
B.3.1 Data Hasil XRD.....	60
B.3.2 Pengolahan Data.....	61
B.4 Hasil Karakterisasi Titrasi Konduktometri.....	62
C. Adsorpsi BSA pada Selulosa Hasil Hidrolisis.....	72
C.1 Scanning Panjang Gelombang Maksimum	71
C.2 Pembuatan Kurva Standar BSA	74
C.3 Pengaruh Variasi pH Terhadap Adsorpsi BSA	75
C.3.1 Adsorpsi BSA pada Selulosa Setelah Hidrolisis.. ..	75
C.3.2 Adsorpsi BSA pada Selulosa Sebelum Hidrolisis.....	76

C.4 Pengaruh Variasi Kekuatan Ionik Terhadap Adsorpsi BSA	76
C.4.1 Adsorpsi BSA pada Selulosa Setelah Hidrolisis..	76
C.4.2 Adsorpsi BSA pada Selulosa Sebelum Hidrolisis.....	77



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Selulosa merupakan polimer alam yang dapat disintesis baik dari tumbuhan ataupun bakteri. Modifikasi selulosa dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode, seperti mekanik, enzimatis dan kimia. Modifikasi selulosa dengan metode kimia yang umum digunakan adalah hidrolisis dengan menggunakan asam kuat. Asam kuat yang banyak digunakan adalah asam sulfat, asam nitrat dan asam klorida. Selulosa memiliki 2 sisi yaitu sisi kristalin dan sisi amorf. Prinsip hidrolisis asam yaitu asam kuat yang bersifat oksidator kuat akan memecah ikatan 1,4- glikosidik daerah amorf pada selulosa sehingga menyebabkan terjadinya pemendekan panjang rantai dan penurunan berat molekul yang kemudian dapat dipisahkan antara daerah kristalin dan amorf dengan perbedaan berat molekul tersebut.

Modifikasi selulosa dilakukan untuk meningkatkan kemampuan selulosa menjadi lebih baik jika diaplikasikan dibanding selulosa sebelum dimodifikasi. Hidrolisis asam menggunakan asam sulfat diperoleh selulosa modifikasi dengan kemampuan dispersi yang tinggi dalam air dibandingkan hidrolisis dengan asam klorida (Peng *et al.*, 2011). Asam sulfat merupakan jenis asam yang banyak digunakan dalam metode hidrolisis selulosa. Hidrolisis menggunakan asam sulfat menjadikan selulosa bermuatan negatif akibat terjadinya sulfatasi pada selulosa (Klemm *et al.*, 1998).

Salah satu produk hasil modifikasi selulosa dengan hidrolisis asam dan diikuti dengan proses sonikasi yaitu selulosa yang memiliki ukuran nanometer atau disebut nanoselulosa. Tang *et al.*, (2013) memodifikasi selulosa menjadi nanoselulosa dari mikrokristal selulosa dengan hidrolisis menggunakan asam sulfat yang dilakukan selama 90 menit pada 50°C dan disonikasi selama 6 jam, yang mana menghasilkan nanoselulosa dengan ukuran diameter 10 hingga 20 nm, kristalinitas 90,38% dan ukuran kristal sebesar 5,899 nm. Bondeson *et al.*, (2006) membuat nanoselulosa dengan waktu sonikasi 5 menit menghasilkan nanoselulosa berukuran 182 nm. Selulosa hasil hidrolisis akan menghasilkan selulosa

dengan luas permukaan yang tinggi, kristalinitas besar, dan kemampuan dispersi yang tinggi. Berdasarkan sifat-sifat tersebut selulosa hasil hidrolisis telah banyak digunakan dalam beberapa bidang seperti bidang bioteknologi dan biomedis. Pemanfaatan selulosa dapat digunakan sebagai material komposit dan adsorben (Effendi *et al.*, 2015). Pemanfaatan selulosa sebagai adsorben telah diterapkan untuk adsorpsi logam dan zat-zat pewarna pada limbah termasuk juga adsorpsi protein yang sedang dikembangkan pada beberapa tahun terakhir ini.

Protein merupakan molekul kompleks yang banyak ditemui baik di lingkungan maupun dalam tubuh makhluk hidup itu sendiri. Jika kadar protein terlalu banyak baik dalam lingkungan maupun dalam tubuh dapat berbahaya, untuk itu perlu dilakukan penurunan kadar protein salah satunya dengan metode adsorpsi. Sama halnya selulosa sebagai adsorben untuk logam berat (Liu, 2015), selulosa hasil hidrolisis memiliki area spesifik yang akan berikatan dengan protein.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi perilaku adsorpsi protein diantaranya yaitu pengaruh pH dan kekuatan ionik. Faktor-faktor tersebut telah dikaji beberapa tahun terakhir ini. Anirudhan dan Rejeena (2012) mengkaji mengenai adsorpsi protein lysozim pada nanoselulosa termodifikasi poliakrilat yang dilakukan pada temperatur 30°C selama 2 jam, dimana persentase adsorpsi semakin meningkat seiring dengan meningkatnya pH. Namun ketika melebihi titik isoelektrik protein akan mengalami denaturasi dan dapat menyebabkan protein yang teradsorpsi menjadi lebih kecil. Kekuatan ionik yang semakin meningkat menyebabkan jumlah protein yang teradsorpsi juga semakin meningkat dari 92,4% hingga 100%. Hal tersebut disebabkan oleh permukaan protein dan nanoselulosa dikelilingi oleh ion garam, sehingga menyebabkan tolakan antara protein dengan nanoselulosa tersebut menurun. Menurunnya tolakan elektrostatik yang terjadi menyebabkan difusi protein menjadi lebih cepat dan tarikan protein pada nanoselulosa tersebut semakin mudah sehingga kapasitas adsorpsinya meningkat. Penelitian dilanjutkan dengan mengkaji adsorpsi protein hemoglobin (Hb) pada nanoselulosa komposit tergrafting dan diperoleh hasil dengan tren yang sama (Anirudhan dan Rejeena, 2013).

Penelitian ini akan mengkaji mengenai adsorpsi protein bovine serum albumin (BSA) pada selulosa hasil hidrolisis (StH). StH dibuat dengan cara hidrolisis asam sulfat dan untuk mengetahui karakteristik dari selulosa hasil hidrolisis (StH) dilakukan analisis menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM), *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), *X-Ray Diffraction* (XRD) dan titrasi konduktometri. Selulosa hasil hidrolisis kemudian digunakan untuk mengadsorpsi BSA dengan pengaruh variasi parameter pH dan kekuatan ionik.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik struktur, morfologi, kristalinitas dan jumlah muatan pada selulosa setelah hidrolisis?
2. Bagaimana pengaruh pH dan kekuatan ionik terhadap adsorpsi bovine serum albumin pada selulosa setelah hidrolisis?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui karakteristik struktur selulosa setelah hidrolisis, morfologi, sifat kristalinitas dan banyaknya muatan dari selulosa setelah hidrolisis.
2. Mengkaji pengaruh pH dan kekuatan ion terhadap adsorpsi bovine serum albumin pada selulosa setelah hidrolisis.

1.4 Batasan Masalah

1. Konsentrasi bovine serum albumin (BSA) yang digunakan adalah 400 mg/L.
2. Asam sulfat yang digunakan untuk hidrolisis selulosa hanya dilakukan pada konsentrasi 50% w/w.
3. Garam yang digunakan sebagai parameter kekuatan ionik adalah NaCl.

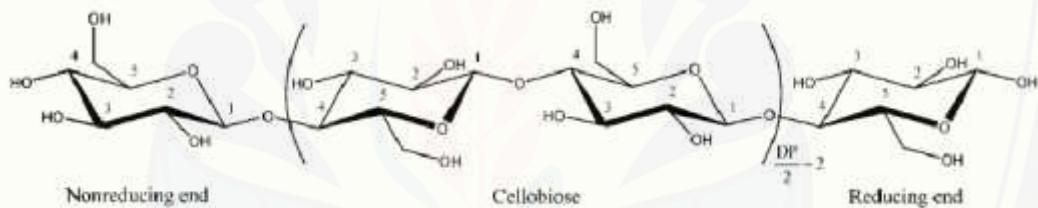
1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai pengembangan material selulosa dan aplikasinya sebagai material adsorben, terutama untuk adsorpsi protein.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Modifikasi Selulosa

Modifikasi selulosa salah satunya yaitu menjadi nanoselulosa, yang merupakan material jenis baru dari kelompok selulosa. Nanoselulosa merupakan selulosa yang memiliki ukuran diameter antara 2 hingga 20 nm dengan panjang hingga mencapai ribuan nanometer (Azeredo *et al.*, 2009). Nanoselulosa memiliki kemiripan dengan selulosa yaitu dalam strukturnya. Selulosa merupakan polimer hidrofilik yang terdiri dari tiga gugus hidroksil yang bersifat reaktif pada tiap unit hidroglikosa. Selulosa adalah sebuah polisakarida yang terdiri dari rantai linear dari beberapa ratus hingga lebih dari sepuluh ribu (1-4) yang saling berikatan antar unit D-glukosa seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 (Francisco *et al.*, 2012).



Gambar 2.1 Struktur Kimia Selulosa (Sumber: Francisco *et al.*, 2012)

Selulosa banyak ditemukan pada dinding sel tumbuhan terutama pada bagian batang, dahan, dan semua bagian yang berkayu dari jaringan tumbuhan. Selulosa termasuk kelompok polisakarida struktural yang memiliki fungsi sebagai penyangga terhadap sel dan jaringan. Selain itu, selulosa juga berfungsi untuk memberikan bentuk dan perlindungan terhadap sel dan jaringan. Selulosa terdiri atas unit penyusunnya yaitu selobiosa, karena dalam struktur selulosa unit ulangnya adalah 2 unit gula (D-glukosa) (Lehninger, 1993).

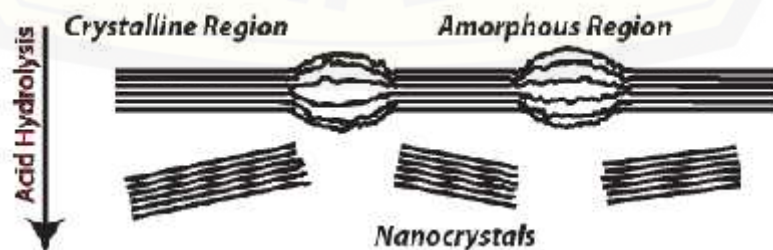
Nanoselulosa memiliki sifat mekanik yang sedikit berbeda dari selulosa, terbentuknya nanoselulosa ditandai dengan adanya peningkatan kristalinitas, peningkatan kemampuan dispersi, biodegradabel, kekuatan tarik yang tinggi, jaringan yang halus, rasio permukaan terhadap volume yang besar. Klemm *et al.*,

(2011) menggolongkan nanoselulosa dalam 3 golongan berdasarkan metode sintesisnya, yaitu *Bacterial Nanocellulose* (BNC) yang memiliki ukuran diameter berkisar 20-100 nm, *Nanocrystalline Cellulose* (NCC) dengan diameter berkisar 5-70 nm dan panjang 100-250 nm dan *Nanofibrillated Cellulose* (NFC) memiliki diameter 5-60 nm.

Pemanfaatan nanoselulosa banyak diaplikasikan dalam bidang industri. Pada industri kertas untuk bahan penguat kertas, industri kemasan sebagai bahan penguat bahan, bidang pangan sebagai bahan pengental dan menstabilkan suspensi pangan dan dalam industri farmasi biasa digunakan sebagai bahan perban dan tablet obat (Klemm *et al.*, 2011). Nanoselulosa juga dapat digunakan sebagai polimer dengan kualitas yang tinggi dan untuk mendegradasi material dan pengental untuk dispersi (Ioelovich, 2012).

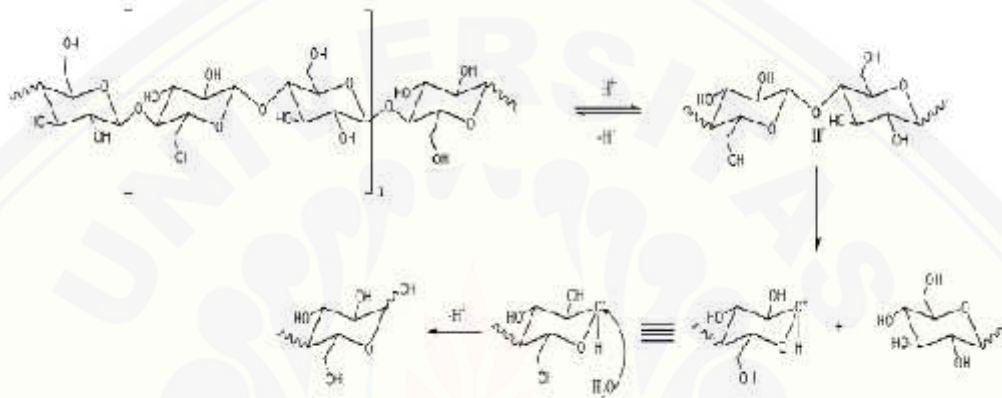
2.2 Sintesis Nanoselulosa

Sintesis nanoselulosa dapat dilakukan dengan beberapa metode, yaitu metode mekanik, metode biologi, dan metode kimia. Salah satu metode sintesis nanoselulosa yang banyak digunakan yaitu metode kimia dengan hidrolisis asam. Metode ini dilakukan dengan menggunakan pelarut asam kuat. Asam kuat ini berfungsi untuk menghilangkan sifat amorf dari selulosa, sehingga kristalin selulosa dapat diisolasi seperti diilustrasikan pada Gambar 2.2. Sintesis nanoselulosa menggunakan metode ini telah banyak dilakukan, penggunaan asam kuat ini biasanya dilakukan dengan perlakuan awal menggunakan senyawa alkali ataupun peroksida untuk delignifikasi dan menghilangkan hemiselulosa (Effendiet *al.*, 2015).



Gambar 2.2 Hidrolisis asam memecah bagian amorf dan isolasi nanokristal (Sumber: Oke, 2010).

Asam kuat yang dapat digunakan dalam pembuatan nanoselulosa diantaranya adalah asam sulfat, asam nitrat, dan asam klorida. Asam sulfat diketahui lebih efektif digunakan untuk mendegradasi serat selulosa. Proses hidrolisis asam didalamnya terjadi difusi asam ke dalam serat selulosa, dan selanjutnya terjadi pembelahan pada ikatan glikosidik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



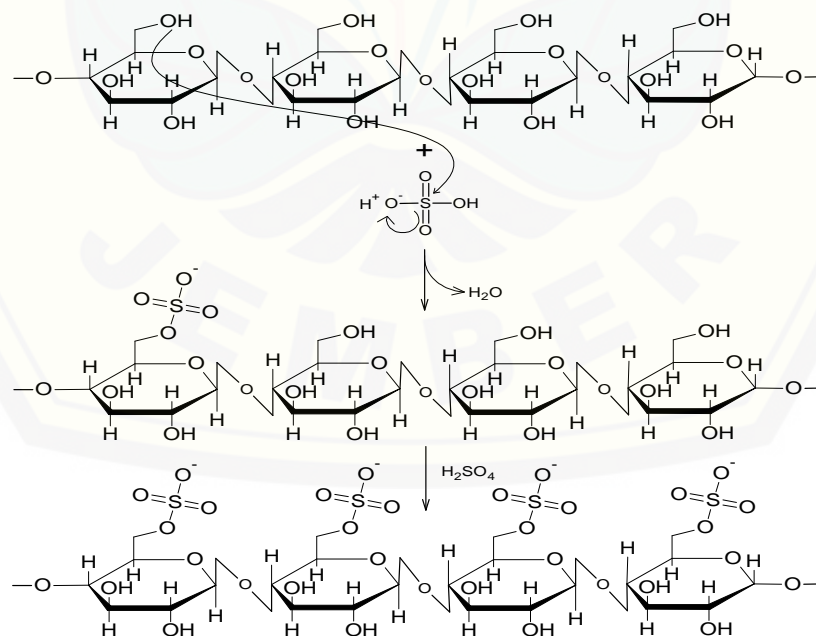
Gambar 2.3 Mekanisme Hidrolisis Asam (Sumber: Effendi *et al.*, 2015).

Beberapa faktor yang mempengaruhi proses hidrolisis asam yaitu jenis asam, konsentrasi asam, waktu hidrolisis dan temperatur. Asam diduga berinteraksi dengan daerah amorf pada selulosa, karena daerah tersebut paling mudah diakses dan memiliki luas permukaan terbesar. Sehingga, yang menjadi target utama oleh asam kuat adalah daerah amorf tersebut, selanjutnya diikuti dengan peningkatan kristalinitasnya (Oke, 2010). Untuk memperoleh material dengan ukuran nano digunakan metode sonikasi, yang mana ukuran suatu partikel akan menjadi lebih kecil dari material awalnya dengan bantuan sonikator. Cara kerja sonikator adalah dengan memecah partikel sehingga diperoleh material berukuran nano dengan menggunakan panjang gelombang yang keluar dari mesin sonikator (Özgün, 2013). Prinsip proses sonikasi yaitu gelombang ultrasonik akan menimbulkan efek kavitasi akustik, yang mana di dalamnya melibatkan energi yang sangat besar sehingga akan mereduksi partikel dalam medium melalui proses

tumbukan antar partikel hingga diperoleh partikel berukuran nanometer (Wahyudi, 2010).

Sintesis nanoselulosa menggunakan hidrolisis asam telah banyak dipelajari, Ioelovich (2012) dengan menggunakan asam sulfat dengan variasi suhu dan rasio asam, diketahui bahwa kondisinya yaitu pada konsentrasi asam sulfat 63 % berat, diperoleh nanoselulosa dengan ukuran 150-200 x 10-20 nm. Penelitian lain juga melakukan sintesis nanoselulosa dengan menggunakan sebanyak 300 mL asam sulfat 63% berat pada 44°C diaduk dengan ultrasonikasi selama 3 jam pada 50 Hz, selanjutnya untuk menghentikan proses hidrolisis larutan ditambahkan dengan air destilasi sebanyak 5 kali, dan dihasilkan nanoselulosa diameter berukuran 10-65 nm (Xiong *et al.*, 2012).

Menurut Lee *et al.*, (2014) proses hidrolisis selulosa menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) akan menyebabkan terjadinya reaksi sulfatasi. Gugus sulfat pada asam sulfat akan menggantikan gugus hidroksida dan berperan sebagai gugus fungsional pada permukaan selulosa selain gugus fungsi (-OH) yang lain seperti yang dijelaskan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Mekanisme Reaksi Sulfatasi pada Selulosa (Sumber: Lee *et al.*, 2014)

2.3 Albumin

Secara umum, protein merupakan salah satu zat gizi yang penting dalam tubuh. Protein berasal dari bahasa Yunani “Proteus” yang memiliki makna “yang pertama” atau “yang terpenting”. Kimiawan Belanda Gelardus Mulder (1802-1880) adalah orang yang pertama mengenalkan protein melalui temuannya. Beliau mengisolasi susunan tubuh yang mengandung unsur nitrogen dan beliau memberi nama protein, yang terdiri dari unit penyusunnya yaitu asam amino (Suhardjo dan Clara, 1992). Protein merupakan polimer dari asam-asam amino yang tergabung melalui ikatan peptida (CONH). Satu molekul protein biasanya terdiri dari 12 sampai 18 jenis asam amino dan dapat mencapai hingga ratusan asam amino (Suhardjo dan Clara, 1992). Protein tersusun dari beberapa unsur kimia, diantaranya adalah 55% karbon, 7% hidrogen, 23% oksigen, 16% nitrogen, 1% sulfur dan <1% unsur fosfor (Winarno, 1991). Protein secara umum dapat berupa serum protein, enzim, antibodi, dan antigen asing.

Albumin merupakan molekul protein yang terdiri dari rantai tunggal polipeptida yang memiliki berat molekul 66 kDa dan tersusun atas 585 asam amino (Uhing, 2004). Albumin adalah protein plasma yang terdapat banyak didalam tubuh manusia sekitar 55% sampai 60%. Asam amino-asam amino dalam molekul albumin saling berikatan melalui ikatan disulfida yaitu terdapat 17 ikatan. Albumin manusia disintesis dari plasma darah manusia yang diendapkan menggunakan alkohol. Albumin secara luas digunakan untuk mengobati dan penggantian volume hipoalbuminea (Uhing, 2004 dan Boldt, 2010). Albumin tidak hanya ditemukan dalam manusia, tetapi dapat juga ditemukan dalam hewan ternak, seperti sapi yang dikenal dengan *bovine serum albumin* (BSA).

BSA termasuk dalam kelompok protein globular dengan berat molekul 66000 Da. Bovine serum albumin (BSA) memiliki kemiripan dengan Human serum albumin (HSA) yaitu terdiri dari 76% asam amino dan memiliki urutan asam amino yang hampir mirip (Huang dan Kim, 2004). Residu asam amino penyusun albumin dalam serum meliputi triptofan, metionin, kelimpahan residu bermuatan seperti lisin dan asam aspartat. Albumin dalam serum juga memiliki

residu lain seperti prolin, sistein, glutathionin (Quinlan *et al.*, 2005) dan residu asam amino lainnya.

2.4 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses penyerapan suatu zat pada permukaan zat lain. Adsorpsi tidak hanya terjadi antara zat cair dengan permukaan zat padat, tetapi juga dapat terjadi antara zat padat dengan gas, zat cair dengan zat cair, dan juga zat cair dengan gas (Sukardjo, 1990). Menurut Suryawan (2004) adsorpsi adalah kejadian fisik ketika suatu molekul-molekul baik dalam bentuk gas ataupun cair apabila terjadi kontak dengan suatu permukaan padat dan sebagian dari molekul-molekul tersebut mengembun pada permukaan padat tersebut. Proses adsorpsi melibatkan dua zat yang berperan, yaitu zat yang mengadsorpsi atau yang disebut dengan adsorben, sedangkan zat yang diserap disebut adsorbat atau substrat (Atkins, 1999). Adsorben umumnya berupa zat padat, dimana atom-atom atau molekul-molekul penyusunnya saling tarik-menarik melalui gaya *Van der Waals*.

Proses terjadinya adsorpsi dimulai ketika molekul adsorbat berdifusi melalui permukaan adsorben, sebagian kecil akan teradsorpsi pada bagian permukaan luar dari adsorben, dan sebagian besar akan masuk terus ke dalam adsorben melalui pori-pori adsorben tersebut (Rahmawati, 2006). Interaksi antara adsorbat dengan adsorben dalam proses adsorpsi hanya terjadi pada permukaan adsorben. Gaya tarik antar atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang menyebabkan terjadinya proses adsorpsi. Adanya gaya tersebut, molekul-molekul lain dari suatu zat baik dalam bentuk gas ataupun cair yang bersentuhan dengan permukaan padatan akan cenderung tertarik ke permukaan. Hal tersebut mengakibatkan konsentrasi molekul pada permukaan padat menjadi lebih besar (Tandy *et al.*, 2012).

2.4.1 Jenis-Jenis Adsorpsi

Terdapat 2 jenis adsorpsi, diantaranya adalah:

a. Adsorpsi Fisika

Adsorpsi fisika atau yang disebut fisisorpsi merupakan adsorpsi secara fisik yang terjadi karena adanya gaya *Van der Waals*. Gaya *Van der Waals* sangat lemah dan energi yang dikeluarkan pada fisisorpsi relatif rendah yaitu ± 20 kJ/mol (Castellan, 1982). Gaya *Van der Waals* adalah gaya tarik-menarik antara adsorbat dengan permukaan adsorben yang relatif lemah. Pada fisisorpsi, antara adsorbat dengan adsorben dengan permukaan adsorben memiliki gaya tarik-menarik yang lebih kecil dari pada gaya tarik-menarik antara molekul adsorbat. Akibatnya, adsorbat tidak terikat kuat dengan permukaan adsorben, sehingga adsorbat dapat dengan mudah bergerak dari satu sisi ke sisi yang lain dari permukaan adsorben tersebut. Kegunaan dari adsorpsi fisika atau fisisorpsi yaitu dapat digunakan dalam penentuan luas permukaan dan ukuran pori dari suatu adsorben (Shofa, 2012).

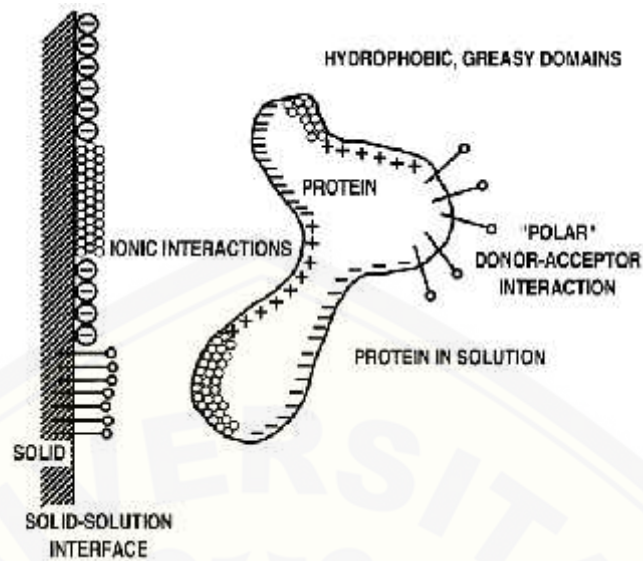
b. Adsorpsi Kimia

Adsorpsi kimia merupakan jenis adsorpsi yang terjadi karena adanya ikatan kimia antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Ikatan kimia yang terbentuk antara keduanya yaitu ikatan kovalen atau ikatan ion (Suryawan, 2004). Kekuatan ikatan yang terbentuk antara adsorbat dengan adsorben yang besar membuat keduanya sukar terdesorpsi. Proses terjadinya adsorpsi kimia dimulai dengan terjadinya adsorpsi fisika, dimana molekul adsorbat bergerak menuju permukaan adsorben melalui gaya *Van der Waals*, dan selanjutnya adsorbat melekat pada permukaan adsorben dengan membentuk ikatan kimia yang lebih kuat yaitu ikatan kovalen/ion (Shofa, 2012). Dalam adsorpsi kimia partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen), dan cenderung mencari tempat yang memaksimalkan bilangan koordinasi dengan substrat (Atkins, 1999).

2.4.2 Adsorpsi Protein

Protein merupakan polimer dari asam-asam amino yang tergabung melalui ikatan peptida (CONH). Protein pada kondisi tertentu dapat mengalami perubahan konformasi struktur protein, interaksi protein dengan permukaan dapat merubah konformasi dari protein tersebut termasuk juga fungsi dari protein tersebut (Lynch dan Dawson, 2008). Adsorpsi protein dapat didefinisikan sebagai penempelan molekul protein pada suatu permukaan adsorben. Adsorpsi protein pada partikel polimer yang berperan sebagai adsorben adalah partikel polimer, sedangkan adsorbatnya adalah protein. Konsep penting dalam adsorpsi protein adalah struktur protein dan heterogenitas. Faktor tersebut dapat mempengaruhi termodinamika dan kinetika adsorpsi, reversibilitas adsorpsi dan dinamika adsorpsi multi-komponen (Chinn dan Slack, 2000).

Protein merupakan molekul kompleks yang tersusun atas monomer-monomer asam amino yang saling berinteraksi satu dengan yang lainnya sehingga nantinya membentuk struktur tiga dimensi. Sifat fisika dan kimia suatu protein dalam polimer dipengaruhi oleh penyusun utamanya yaitu asam amino (Stryer, 1995). Struktur dan fungsi dari protein sangat relevan terhadap adsorpsi protein. Protein darah mengandung residu polar, non polar dan residu bermuatan. Suatu protein dalam medium polar misalnya garam buffer atau plasma darah, residu hidrofilik protein cenderung berada pada sisi luar protein, sedangkan residu hidrofobik cenderung berada dibagian dalam dari protein. Hal tersebut menyebabkan adanya domain yang berbeda (Gambar 2.5), menentukan struktur protein yang lebih tinggi.



Gambar 2.5 Skema interaksi protein dengan permukaan padat. Protein memiliki sejumlah domain permukaan dengan karakter yang mirip dengan karakter pada permukaan padat yaitu karakter hidrofobik, muatan dan polar (Sumber: Andrade dan Hlady, 1986)

Interaksi antara protein dengan nanomaterial adsorben merupakan faktor yang berperan penting dalam adsorpsi protein pada beberapa adsorben. Interaksi yang kuat tergantung pada sifat fisiko-kimia dari nanomaterial (seperti stabilitas koloid dan muatan permukaan adsorben) dan parameter fisiologis dari sistem biologinya (protein) meliputi pH, kekuatan ionik, dan temperatur (Dewald *et al.*, 2015). Temperatur mempengaruhi kinetika adsorpsi protein pada permukaan adsorben, dengan meningkatnya temperatur dan pH larutan yang jauh dari titik isoelektrik protein, laju adsorpsinya menjadi lebih besar. Semakin meningkatnya temperatur, menyebabkan protein globular akan terbuka dan terjadi perubahan konformasi, sehingga kemungkinan akan meningkatkan jumlah protein yang teradsorpsi oleh adsorben. Keasaman (pH) larutan mempengaruhi jumlah molekul protein yang teradsorpsi oleh nanoselulosa. Keasaman larutan (pH) erat kaitannya dengan titik isoelektrik. Titik isoelektrik merupakan tingkat keasaman atau pH ketika suatu makromolekul bermuatan nol akibat bertambahnya proton atau kehilangan muatan akibat adanya reaksi dengan larutan asam atau basa. Setiap makromolekul (protein) memiliki titik isoelektrik (pI) yang berbeda-beda. Pada proses adsorpsi, larutan adsorbat dengan pH lebih kecil dari pI,

kapasitas adsorpsinya tinggi, sedangkan pada saat pH larutan lebih besar dari pI, maka kapasitas adsorpsinya menurun (Oshima *et al.*, 2011).

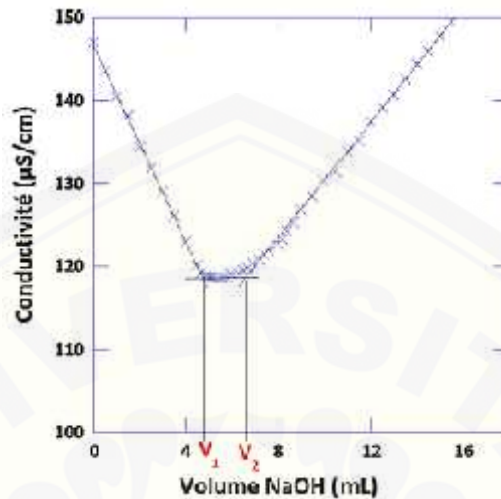
Jumlah protein yang teradsorpsi oleh adsorben juga dipengaruhi oleh kekuatan ionik larutan. Kekuatan ionik dari larutan protein mempengaruhi interaksi elektrostatik antara molekul protein dengan permukaan adsorben. Konsentrasi garam yang tinggi dapat menghalangi gaya tolakan antarmolekul, sehingga menyebabkan jumlah protein yang terserap akan meningkat (Chi *et al.*, 2003). Teori lain menyebutkan bahwa konsentrasi garam yang semakin meningkat dapat menyebabkan adsorpsinya naik ataupun turun, hal tersebut tergantung pada sifat keduanya antara protein dan adsorben, atau tergantung pada interaksi antara keduanya. Namun secara umum, keseimbangan elektrostatik pada proses adsorpsi dipengaruhi oleh berat molekul dari ion, yang mana akan melapisi atau menyelubungi muatan dari protein dan permukaan adsorben, sehingga gaya tarik dan tolakannya menurun (Mathes, 2010).

2.5 Titrasi Konduktometri

Titrasi konduktometri merupakan analisis kuantitatif yang umum digunakan untuk mengetahui jumlah gugus bermuatan dalam material nanokristal. Analisis menggunakan metode titrasi konduktometri ini didasarkan pada analisis dengan memanfaatkan daya hantar listrik dalam suatu larutan. Daya hantar listrik yang dihasilkan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis ion, suhu, kekuatan tarik menarik ion dan jarak elektroda yang digunakan, jumlah partikel bermuatan. Pergerakan ion dalam larutan yang semakin cepat menyebabkan daya hantar yang ditimbulkan juga semakin besar (Lestari *et al.*, Tanpa Tahun).

Analisis menggunakan titrasi konduktometri dilakukan untuk menentukan titik ekuivalen suatu titrasi (Svehla, 1990). Sama halnya titrasi asam basa, yaitu menentukan konsentrasi suatu larutan dengan mengetahui titik ekuivalennya, hanya saja berbeda dalam penentuan titik akuivalennya, yaitu menggunakan prinsip metode konduktometri. Pengukuran menggunakan metode ini diperlukan dua komponen elektroda yang inert, biasanya platinum untuk menghasilkan daya hantar listrik dan arus yang digunakan adalah arus bolak-balik (Lestari *et al.*,

Tanpa Tahun). Kurva konduktansi yang diperoleh dari pengukuran, dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.6 Kurva Titrasi Konduktometri (Sumber: Romdhane *et al.*, 2015).

Konsentrasi gugus bermuatan dalam nanoselulosa dapat diukur dengan melihat kurva di atas sesuai dengan persamaan berikut:

$$\text{Asam Kuat (mmol kg}^{-1}\text{)} = \frac{C (V_1 - V_0)}{m} \quad (1)$$

$$\text{Asam Lemah (mmol kg}^{-1}\text{)} = \frac{C x (V_2 - V_1)}{m} \quad (2)$$

di mana, C merupakan konsentrasi larutan NaOH (mmol L^{-1}), m adalah berat kering sampel nanoselulosa (kg), V_0 adalah volume teori yang dibutuhkan untuk netralisasi asam (L), V_1 adalah volume NaOH yang dikonsumsi pada titik belokan pertama (L), dan V_2 adalah volume NaOH yang dikonsumsi pada titik belokan kedua (L) (lihat gambar 2.6) (Romdhane *et al.*, 2015).

2.6 Fourier Transform Infra Red (FTIR)

Spektrofotometri inframerah (IR) merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis senyawa kimia. Spektra yang dihasilkan dari analisis menggunakan spektrofotometer IR menggambarkan struktur molekul, bentuk ikatan dan gugus fungsi dari senyawa yang dianalisis. Pada spektrum gelombang elektromagnetik, daerah inframerah berada pada bilangan gelombang antara 14.000 cm^{-1} sampai 10 cm^{-1} (Shechter, 1997).

Semua atom dalam molekul senyawa yang dianalisis pada temperatur di atas temperatur nol absolut akan saling mengalami vibrasi satu sama lain. Suatu molekul akan menyerap radiasi inframerah yang dipancarkan ketika vibrasi dan frekuensi spesifik sama dengan frekuensi dari radiasi inframerah tersebut. Gugus fungsi dalam suatu senyawa akan terukur apabila memenuhi syarat berikut, yaitu adanya perbedaan momen dipol pada gugus tersebut. Vibrasi ikatan yang dihasilkan akan menimbulkan fluktuasi momen dipol yang menghasilkan gelombang listrik (Sastrohamidjojo, 1992). Pada tingkat energi yang sesuai suatu ikatan kimia akan mengalami vibrasi, sehingga memberikan frekuensi yang spesifik (Ellis and Goodacre, 2006).

Spektroskopi FTIR merupakan teknik pengukuran untuk mengumpulkan spektrum inframerah. Komponen utama dari FTIR meliputi sumber sinar, *beam splitter*, Interferometer, daerah cuplikan, dan detektor. Sumber sinar terbuat dari filamen atau globar yang dipanaskan hingga temperatur 1000 sampai 1800 °C menggunakan listrik. *Beam splitter* berfungsi untuk membagi sinar, yaitu 50% radiasi direfleksikan dan 50% radiasi akan diteruskan. Interferometer berfungsi untuk membentuk interferogram yang selanjutnya akan diteruskan ke detektor. Daerah cuplikan adalah tempat dimana sel acuan dan cuplikan akan dikenai berkas acuan dan cuplikan secara bersesuaian. Detektor merupakan komponen yang mengukur energi pancaran yang lewat akibat panas yang dihasilkan (Griffith, 1975).

Prinsip kerja dari FTIR adalah sinar datang dari sumber sinar akan diteruskan. Sinar tersebut akan dipantulkan melalui cermin (cermin diam dan bergerak), selanjutnya akan dipantulkan kembali menuju pemecah sinar untuk saling berinteraksi. Sebagian sinar akan diarahkan menuju cuplikan dan sebagian mengarah ke acuan. Gerakan dari cermin, sinar akan mengalami fluktuasi ketika sampai pada detektor. Ketika jarak kedua cermin sama terhadap detektor, sinar tersebut akan saling menguatkan, dan sebaliknya jika jarak kedua cermin berbeda terhadap detektor maka sinar tersebut akan saling melemahkan. Fluktuasi sinar akan menghasilkan sinyal pada detektor berupa interferogram. Selanjutnya

interferogram dengan bantuan komputer berdasarkan operasi matematika diubah menjadi spektra IR (Tahid, 1994).

2.7 Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah suatu alat analisis yang merupakan salah satu tipe mikroskop elektron yang dapat digunakan untuk analisis morfologi permukaan sampel dalam skala mikro dan nano (Voutou dan Stefanaki, 2008). SEM mempunyai kemampuan untuk menghasilkan resolusi tinggi dari gambaran suatu permukaan sampel (Mulder, 1996). Selain untuk mengetahui morfologi dari suatu membran, analisis menggunakan SEM dapat juga untuk mengetahui ukuran pori, sehingga dari hasil tersebut dapat ditentukan standar keseragaman struktur dari membran yang akan digunakan (Pratomo, 2003).

Material yang dapat dikarakterisasi menggunakan SEM yaitu berupa lembaran dengan ketebalan 20 μm dari permukaan (Mulder, 1996). Sumber pencitraan yang digunakan dalam teknik analisis SEM adalah elektron dan lensanya (Pratomo, 2003). Sinar elektron akan difokuskan pada permukaan sampel dan elektron yang muncul di permukaan akan terdeteksi sebagai gambar. SEM memiliki beberapa tipe, perbedaan tipe ini sesuai dengan penggunaannya, misalnya untuk analisis morfologi, kekasaran permukaan, distribusi ukuran partikel, homogenitas material, analisis komposisi permukaan, dan porositas dari material (Sitorus, 2009).

Prinsip kerja teknik analisis SEM yaitu suatu permukaan benda ditembakkan dengan berkas elektron berenergi tinggi, kemudian berkas elektron yang mengenai permukaan benda tersebut akan dipantulkan kembali ke segala arah. Namun, terdapat satu arah dimana berkas elektron yang dipantulkan memiliki intensitas tertinggi. Komponen SEM yaitu detektor akan mendeteksi elektron yang dipantulkan dan menentukan lokasi berkas yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Arah tersebut memberi informasi profil permukaan benda meliputi seberapa landai dan arah kemiringan. Berdasarkan arah pantulan elektron pada berbagai titik pengamatan, maka profil permukaan benda dapat

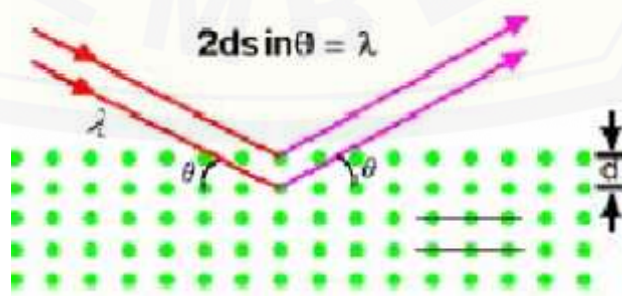
digambarkan dengan menggunakan program komputer. Titik pengamatan adalah keseluruhan area dimana permukaan benda yang dikenai tembakan berkas elektron (Abdullah dan Khairurrijal, 2009).

Perbandingan antara SEM dan mikroskop optik yaitu SEM memiliki resolusi yang lebih tinggi. Hal tersebut karena elektron memiliki panjang gelombang de Broglie lebih pendek daripada gelombang optik yang ada pada mikroskop optik. Semakin kecil panjang gelombang yang digunakan maka resolusi mikroskop akan semakin tinggi. Berkas elektron dalam SEM keluar dari filamen panas, kemudian dipercepat pada potensial tinggi. Umumnya potensial yang digunakan adalah puluhan kilovolt (Abdullah dan Khairurrijal, 2009).

2.8 X-Ray Diffraction (XRD)

Difraksi sinar-X merupakan salah satu metode analisis untuk mengetahui sifat kristalinitas suatu polimer. Kristalinitas merupakan salah satu sifat penting dari suatu polimer yang menunjukkan ikatan antar molekul dalam polimer sehingga dapat membentuk struktur yang lebih teratur. Semakin tinggi tingkat kristalinitas suatu polimer, maka akan semakin kaku strukturnya (Agusnar, 2004). Menurut Almalaika dan Scott (1983) sifat kristalinitas suatu molekul dipengaruhi oleh jenis ikatan dan struktur rantainya.

Prinsip difraksi sinar-X secara umum adalah sinar X akan memancarkan foton dan menumbuk elektron dalam atom, setelah itu foton tersebut akan dihamburkan dengan arah yang berbeda dari arah datangnya. Gelombang difraksi dari atom yang nilainya berbeda-beda mengalami interferensi.



Gambar 2.7 Proses Tumbukan Sinar X pada Atom (Sumber: Nurmawati, 2007)

Apabila sinar X dilewatkan pada susunan atom yang tersusun secara teratur dan periodik (seperti pada gambar), maka difraksi dapat dituliskan pada persamaan Bragg berikut:

$$2 d \sin \theta = n \lambda \quad (3)$$

dimana, λ adalah panjang gelombang sinar-X, θ merupakan sudut hamburan dan n adalah orde difraksi (Nurmawati, 2007).

Tahapan difraksi sinar-X terdiri dari 4 tahap, yaitu produksi, difraksi, deteksi dan interpretasi. Pada tahap produksi terjadi tumbukan antara molekul polimer dengan sinar X yang dikeluarkan dari tabung sinar X. Pada tahap difraksi, sinar X yang mengarah pada bidang kristal akan melalui celah-celah kecil pada kristal, selanjutnya akan menghasilkan pola-pola difraksi. Pola-pola difraksi yang dihasilkan tersebut saling berinterferensi kemudian dideteksi oleh detektor. Interferensi konstruktif radiasi sinar X yang terdeteksi oleh detektor selanjutnya diperkuat oleh amplifier, selanjutnya interferensi difraksi sinar X akan terbaca oleh spektrofotometer dalam bentuk puncak-puncak grafik (Rahman, 2008).

Selulosa murni memiliki 2 polimorf yaitu α -selulosa dan β -selulosa, yang mana α -selulosa memiliki struktur triklinik sedangkan struktur β -selulosa adalah monoklinik. Masing-masing struktur dari jenis selulosa tersebut memiliki 3 bidang kisi kristal yang mirip. Bidang kristalografi pada α -selulosa yaitu $(1\bar{1}0)$, (110) , dan (200) . Menurut French (2014), satu unit sel rantai α -selulosa memiliki indeks Miller (100) , (010) dan (110) , yang mana setara dengan puncak $(1\bar{1}0)$, (110) dan (200) dari pola α -selulosa.

2.9 Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometri merupakan salah satu metode analisis yang didasarkan pada interaksi antara materi dengan radiasi elektromagnetik (Haryani *et al.*, 2004). Analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis didasarkan pada pengukuran banyaknya radiasi sinar UV-Vis yang diserap oleh senyawa yang merupakan fungsi dari panjang gelombang. Absorpsi sinar UV atau sinar tampak oleh senyawa, akan menyebabkan terjadinya eksitasi dari tingkat yang berenergi rendah ke tingkat yang energinya lebih tinggi (Hendayana *et al.*, 1994).

Prinsip kerja pengukuran menggunakan alat ini yaitu cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya menuju monokromator, kemudian oleh monokromator sinar diuraikan menjadi pita-pita panjang gelombang yang diinginkan. Setiap sampel yang dianalisis mempunyai panjang gelombang spesifik, jadi suatu analit akan menyerap sinar pada panjang gelombang tertentu, dan jumlah cahaya yang diserap oleh analit menghasilkan suatu signal elektrik yang ditangkap oleh detektor. Signal tersebut nilainya sebanding dengan cahaya yang terserap, kemudian dari detektor signal tersebut menuju recorder, dan akhirnya dapat dilihat berupa angka (Skoog dan West, 1971). Pengukuran dengan alat ini didasarkan pada hukum Lambert-Beer, di mana dapat dituliskan dalam persamaan berikut:

$$-\log T = A = \epsilon b c \quad (4)$$

di mana, T merupakan transmitansi, A adalah adsorbansi, ϵ adalah koefisien ekstingsi molar, b adalah panjang jalan sinar, dan c adalah konsentrasi (Sastrohamidjojo, 2007).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Kimia Fisik, Kimia Organik Jurusan Kimia Fakultas MIPA dan Laboratorium *Center for Development of Advanced Science and Technology* (C-DAST) Universitas Jember pada bulan Mei 2016 sampai Maret 2017.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas kimia 50 mL; 250 mL dan 500 mL, labuukur 250 mL; 50 mL dan 25 mL, erlenmeyer 25 mL; 50 mL dan 100 mL, pipet volume 5 mL, pipet mohr 10 ml, pipet tetes, labu leher tiga 100 mL, kondensor refluks, selang, neraca analitis, kertas saring, termometer, *Hot Plate Stirrer*, oven, buret, sentrifugator, pHmeter, konduktometer, seperangkat ultrasonik (Branson Ultrasonics Sonifier S-250A), seperangkat alat FTIR (Merk Shimadzu); Seperangkat alat SEM (Merk FEI, Type: Inspect-S50); dan Seperangkat alat XRD (Merk PAN analytical, Type: E'xpert Pro).

3.2.2 Bahan

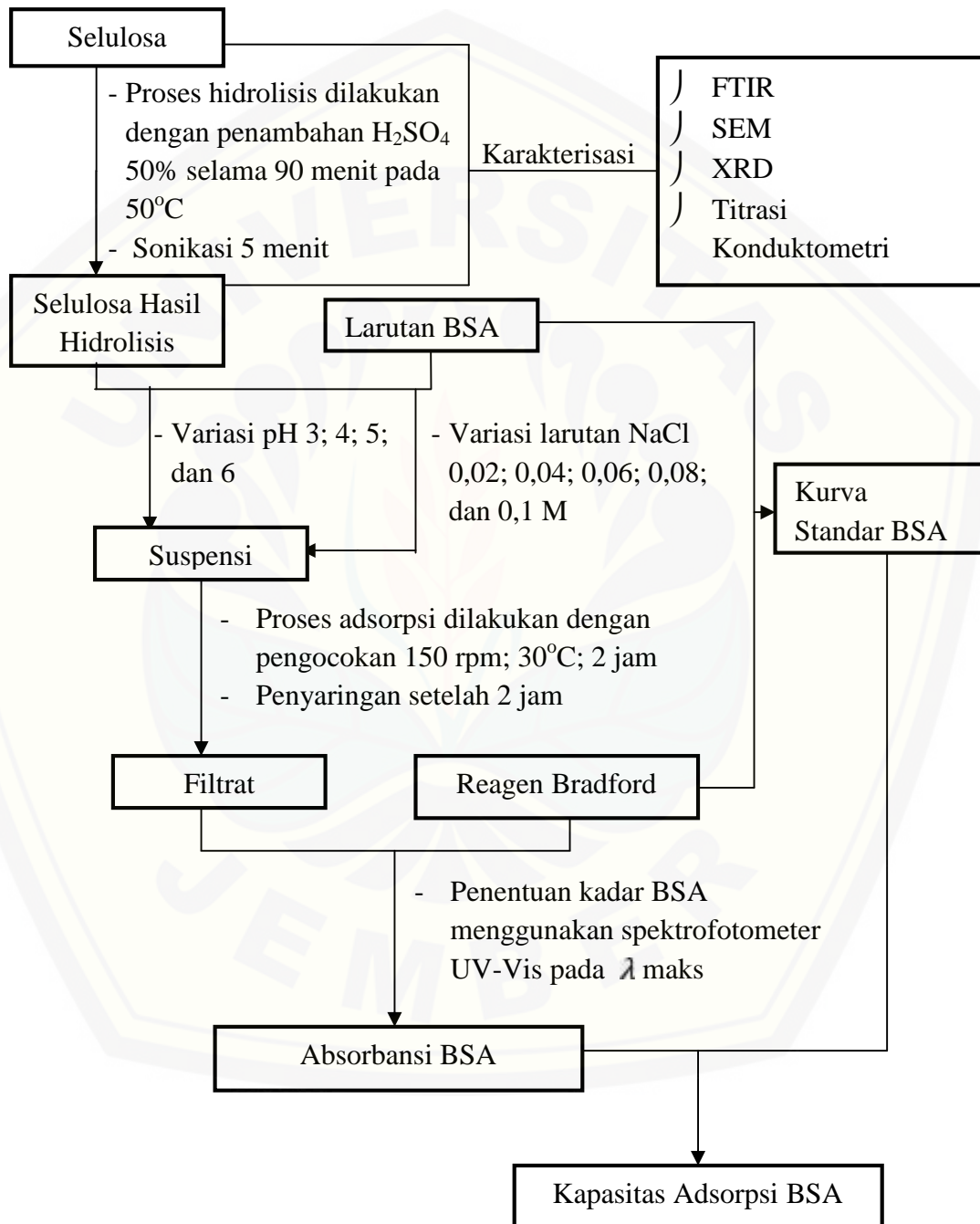
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah mikrokristal selulosa (*Aldrich*). Sedangkan bahan kimia yang digunakan adalah H₂SO₄98% (pa. Merck), aquades, NaCl, HCl 37% (Merck), *Albumin fraction V (pH 7)*, NaOH (Merck), asam oksalat (Merck), indikator PP, KCl 0,1 M, *Comasie brilliant blue*, etanol 95%, dan asam fosfat 85%, Asam sitrat, Na₂HPO₄.2H₂O (Merck), etanol (Merck), aseton (Merck), heksana (Fulltime).

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini secara umum akan dilakukan dalam 2 tahap, yaitu sintesis nanoselulosa dan adsorpsi protein pada nanoselulosa. Nanoselulosa yang

dihasilkan kemudian dikarakterisasi struktur, sifat kristalinitas, dan banyaknya muatan.

Secara ringkas, keseluruhan tahap penelitian digambarkan dalam diagram alir di bawah ini



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Modifikasi Selulosa

Modifikasi selulosa dilakukan dengan menggunakan metode hidrolisis asam kuat H_2SO_4 50%. Sebelum dilakukan sintesis, larutan yang harus disiapkan adalah larutan H_2SO_4 50%, yang mana dibuat dengan mengambil larutan H_2SO_4 (98%) sebanyak 51 mL dengan pipet volume 50 mL dan pipet mohr 1 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Kemudian diencerkan dengan aquades hingga tanda batas. Selanjutnya 50 mL H_2SO_4 50% dimasukkan ke dalam labu leher tiga, diaduk hingga homogen pada 50°C . Kemudian ditambahkan 5 gram serbuk selulosa selanjutnya sambil diaduk selama 90 menit. Hasil dari hidrolisis kemudian ditambahkan aquades sebanyak 400 mL. Selanjutnya, campuran yang dihasilkan disentrifugasi pada 10.000 rpm selama 10 menit untuk memisahkan dari fasa cairnya. Bagian pelet dipisahkan dari supernatan atau fasa cairnya untuk selanjutnya ditambahkan aquades kembali dan disentrifugasi dengan 5 kali pencucian. Selanjutnya suspensi disonikasi selama 5 menit.

Untuk mendapatkan selulosa hasil hidrolisis kering dilakukan penguapan koloid nanoselulosa pada 80°C , selanjutnya padatan dicuci dengan etanol, aseton dan heksan. Setiap pencucian dengan pelarut, pemisahan dilakukan dengan proses sentrifugasi. Kemudian, dikeringkan pada 50°C sampai berat konstan (Ioelovich, 2012).

3.3.2 Karakterisasi Selulosa Hasil Hidrolisis (StH)

a. Analisis Gugus Fungsi dengan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Karakterisasi gugus fungsi selulosa dilakukan dengan menggunakan metode spektrofotometri FTIR. Analisis gugus fungsi dilakukan pada selulosa sebelum dan setelah hidrolisis. Hasil analisis menggunakan FTIR yaitu berupa puncak-puncak spesifik pada bilangan gelombang tertentu.

b. Uji Morfologi Permukaan Selulosa hasil Hidrolisis (StH) menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Morfologi StH dapat diketahui dengan mikroskop elektron yaitu SEM. Data yang diperoleh dari analisis SEM ini akan memberikan suatu informasi mengenai ukuran partikel panjang maupun lebarnya. Prosedur penggunaan SEM diawali

dengan merekatkan sampel dengan stab yang terbuat dari logam spesimen palladium. Pemotretan dilakukan setelah memilih bagian tertentu dari objek (sampel) dan perbesaran yang diinginkan sehingga diperoleh foto yang baik dan jelas.

c. Analisis Kristalinitas dengan *X-Ray Diffraction* (XRD)

Analisis menggunakan XRD dilakukan pada selulosa sebelum (SbH) dan setelah hidrolisis (StH), untuk membandingkan hasilnya. Kristalinitas StH diukur menggunakan *X-ray diffractometer* (Philips PW40), menggunakan radiasi CuK ($\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$) pada 40 kV and 35 mA. Radiasinya diukur pada rentang $2\theta = 5-40^\circ$, dengan laju scan $2^\circ/\text{min}$. Derajat kristalinitas dihitung (CrI) dengan menggunakan data FWHM (*Full Width at Half Maximum*) dan intensitas yang dihasilkan. Luasan fraksi kristal dan amorf dapat dihitung dengan pendekatan segitiga yaitu dengan mengalikan FWHM dengan intensitasnya, dimana FWHM dianggap sebagai luas alas dan intensitas sebagai tingginya (Purnama, 2006). Penentuan derajat kristalinitas diukur menggunakan persamaan :

$$C = \frac{L \cdot F \cdot K}{L \cdot F \cdot K + L \cdot F \cdot A} \times 100 \% \quad (5)$$

dimana luas fraksi kristal adalah hasil kali intensitas dan lebar puncak komponen kristalin (200) refleksi ($2\theta = 22.5^\circ$) dan luas fraksi amorf adalah hasil kali intensitas dan lebar puncak komponen amorf (110) refleksi ($2\theta = 16^\circ$) (Maddahy, 2012).

d. Penentuan Jumlah Gugus Bermuatan dengan Titrasi Konduktometri

Penentuan jumlah gugus bermuatan ($-\text{OSO}_3^{2-}$) dilakukan dengan metode titrasi konduktometri. Sebelum titrasi, perlu dilakukan beberapa tahap antara lain yaitu preparasi bahan, yaitu NaCl 0,001 M, larutan HCl 0,05 M, larutan NaOH 0,01 M dan asam oksalat 0,05 M. Tahap selanjutnya yaitu standarisasi NaOH menggunakan asam oksalat.

a) Preparasi Bahan

- Pembuatan Larutan NaOH 0,01 M

Pembuatan larutan NaOH 0,01 M dilakukan dengan menimbang 9,99 gram NaOH. Selanjutnya NaOH dimasukkan dalam erlenmeyer dan dilarutkan

dengan akuades. Setelah NaOH terlarut kemudian diencerkan larutan hingga 250 mL dalam labu ukur, sehingga diperoleh larutan NaOH 1 M. Selanjutnya diambil NaOH 1M sebanyak 1 mL dengan pipet mohr dan diencerkan dengan akuades hingga 100 mL dalam labu ukur.

- Pembuatan Larutan NaCl 0,001 M

Sebanyak 0,029 g kristal NaCl dilarutkan dalam akuades pada gelas kimia hingga larut sempurna. Selanjutnya larutan tersebut diencerkan dalam akuades 500 mL sampai tanda batas, sehingga didapatkan larutan NaCl dengan konsentrasi 0,001 M.

- Pembuatan HCl 0,05 M

Pembuatan larutan HCl 0,05 M dilakukan dengan cara sebanyak 0,2 mL HCl 98% diambil dengan pipet mohr 1 mL. Kemudian diencerkan dalam 100 mL akuades sampai tanda batas.

- Pembuatan Asam Oksalat 0,05 M

Pembuatan asam oksalat 0,05 M dilakukan dengan menimbang 0,45 gram kristal asam oksalat. Kemudian dimasukkan kedalam gelas kimia dan dilarutkan dengan sedikit akuades hingga larut sempurna. Setelah larut, larutan asam oksalat dimasukkan kedalam labu ukur 100 mL dan ditambahi akuades hingga tanda batas.

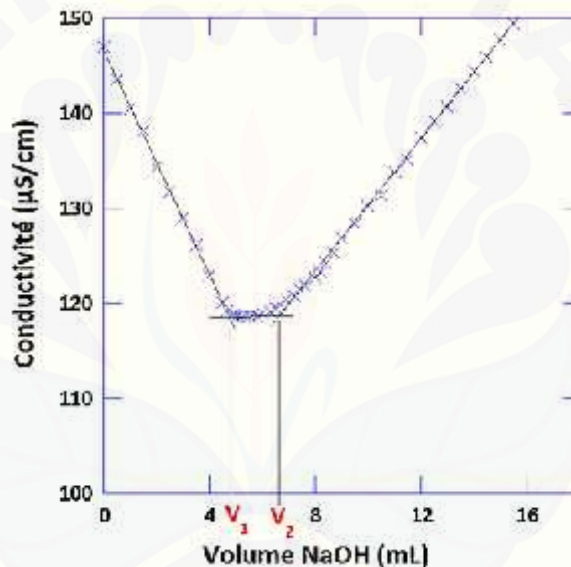
b) Standarisasi Larutan NaOH

Larutan NaOH 0,01 M dimasukkan ke dalam buret 50 mL. Larutan asam oksalat 0,05 M dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian ditambahkan 3 tetes indikator phenolphthalein. Selanjutnya larutan asam oksalat 0,05 M dititrasi menggunakan NaOH 0,01 M hingga terjadi perubahan warna pada titrat berwarna merah muda.

c) Titrasi Konduktometri

Sebanyak 1 g selulosa hasil hidrolisis (StH) kering diencerkan dalam 1 mM larutan NaCl hingga volume total mencapai 500 mL. Campuran kemudian ditempatkan pada labu leher tiga 1 L dan ditambahkan sebanyak 5 mL larutan HCl 50 mM. Selanjutnya, larutan diukur konduktivitasnya menggunakan Konduktometer sambil diaduk dengan pengaduk stirer. Kemudian titrasi

dilakukan dengan larutan NaOH 0,01 M yang sudah distandarisasi dan digunakan untuk semua percobaan. Penambahan larutan NaOH dilakukan setiap 5 menit, untuk 5 menit pertama ditambahkan sebanyak 0,5 mL larutan NaOH hingga mendekati belokan pertama lalu ditambahkan dengan 0,3 mL larutan NaOH untuk menit selanjutnya. Proses titrasi dilakukan dengan pengadukan menggunakan pengaduk magnetik dan dengan dialiri nitrogen. Setelah mencapai nilai stabil, nilai konduktivitas diukur menggunakan konduktometer. Pengukuran dilakukan duplo pada 25°C dengan peningkatan suhu selama titrasi kurang dari 1°C, sehingga diperoleh kurva seperti pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 Kurva Titrasi Konduktometri (Sumber: Romdhane *et al.*, 2015)

Berdasarkan kurva tersebut, dengan mempertimbangkan jumlah penambahan HCl (5 mL) pada awal prosedur titrasi konsentrasi gugus bermuatan dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$m \quad K^{-1} = \frac{C X (V_1 - V_0)}{m} \quad (6)$$

di mana, C adalah konsentrasi larutan NaOH (mmol/L); m adalah berat kering sampel CNC (kg); V_0 adalah volume teoritis NaOH yang dibutuhkan untuk netralisasi asam bebas yang ditambahkan (L); V_1 adalah volume larutan NaOH dikonsumsi pada titik persimpangan pertama (L) (Romdhane *et al.*, 2015).

3.3.3 Pembuatan Reagen Bradford

- Larutan Stok

Sebanyak 350 mg dilarutkan dalam campuran 100 mL etanol 95% dan 200 mL asam fosfat 85%. Larutan disimpan pada suhu ruang.

- Larutan Kerja

Sebanyak 30 mL larutan stok dimasukkan dalam labu ukur 500 mL lalu ditambahkan dengan 15 mL etanol 95% dan 30 mL asam fosfat 85% dan ditambah dengan akuades sampai tanda batas. Larutan kemudian disaring dengan kertas Whatman dan disimpan di dalam botol gelap pada suhu ruang. Larutan dapat digunakan dalam beberapa minggu dengan penyaringan sebelum digunakan.

(Bollag *et al.*, 1996).

3.3.4 Pembuatan Larutan Standar Bovine Serum Albumin (BSA)

Larutan standar BSA dibuat digunakan untuk membuat kurva kalibrasi. Larutan standar yang digunakan adalah 100; 200; 300; 400 dan 500 mg/L. Larutan standar tersebut dibuat secara bertingkat dari larutan induk 1000 mg/L, selanjutnya diencerkan menjadi variasi larutan standar tersebut.

- Larutan BSA 1000 mg/L

Sebanyak 0,1 g BSA dilarutkan dengan akuades. Selanjutnya diencerkan dalam 100 mL akuades dengan labu ukur sampai tanda batas. Sehingga diperoleh larutan BSA 1000 mg/L.

- Larutan standar 500 mg/L

Larutan standar BSA 500 mg/L dibuat dengan diambil sebanyak 12,5 mL larutan induk BSA 1000 mg/L. Kemudian diencerkan dalam 25 mL akuades.

- Larutan standar 400 mg/L

Larutan standar BSA 400 mg/L dibuat dengan diambil sebanyak 10 mL larutan standar BSA 1000 mg/L. Kemudian diencerkan dalam 25 mL akuades.

- Larutan standar 300 mg/L
Larutan standar BSA 300 mg/L dibuat dengan diambil sebanyak 7,5 mL larutan standar BSA 1000 mg/L. Kemudian diencerkan dalam 25 mL akuades.
- Larutan standar 200 mg/L
Larutan standar BSA 200 mg/L dibuat dengan diambil sebanyak 5 mL larutan standar BSA 1000 mg/L. Kemudian diencerkan dalam 25 mL akuades.
- Larutan standar 100 mg/L
Larutan standar BSA 100 mg/L dibuat dengan diambil sebanyak 2,5 mL larutan standar BSA 1000 mg/L. Kemudian diencerkan dalam 25 mL akuades.

3.3.5 *Scanning* Panjang Gelombang

Scanning panjang gelombang dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui panjang gelombang maksimum untuk larutan bovine serum albumin (BSA). *Scanning* panjang gelombang untuk larutan BSA 400 mg/L dilakukan dengan range 550 sampai 600 nm. Sebanyak 50 μL larutan BSA 400 mg/L dimasukkan dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 2,5 mL reagen Bradford, dikocok dan didiamkan selama 10 menit, selanjutnyadilakukan *scanning* panjang gelombang. Sehingga diperoleh panjang gelombang maksimum.

3.3.6 Pembuatan Kurva Kalibrasi BSA

Larutan standar BSA 100; 200; 300; 400; dan 500 mg/L diambil sebanyak 50 μL dan dimasukkan dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 2,5 mL reagen Bradford, dikocok dan didiamkan selama 10 menit, selanjutnya diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Sehingga diperoleh persamaan linier $y = mx + C$, di mana sumbu x adalah konsentrasi larutan standar BSA dan sumbu y merupakan absorbansinya. Persamaan linier tersebut nantinya digunakan untuk menentukan konsentrasi BSA dalam sampel.

3.3.7 Penentuan Kapasitas Adsorpsi BSA dengan Variasi pH

Sebelum menentukan kapasitas adsorpsi BSA dengan variasi pH yaitu 3, 4, 5, dan 6, perlu dilakukan beberapa tahapan, yaitu pembuatan buffer sitrat-fosfat dengan komposisi larutan asam sitrat 0,1 M dan disodium fosfat (Na_2HPO_4) 0,2 M. Selanjutnya ditentukan kapasitas adsorpsi BSA pada masing-masing variasi pH.

a. Pembuatan Buffer Sitrat-Fosfat

Larutan buffer pH 3 sampai 6 dibuat dengan membuat larutan asam sitrat 0,1 M (larutan a) dan larutan sodium hidrogen fosfat 0,2 M (larutan b). Larutan a dibuat dengan melarutkan 4,803 g asam sitrat dalam 250 mL akuades, sehingga diperoleh larutan asam sitrat 0,1 M. Larutan b dibuat dengan melarutkan sebanyak 7,098 g sodium hidrogen fosfat dalam 250 mL akuades, sehingga diperoleh larutan sodium hidrogen fosfat 0,2 M. Larutan pH 3 sampai 6 dibuat dengan mencampurkan larutan a dan larutan b dengan ketentuan seperti yang ditunjukkan pada Lampiran A.10.

b. Adsorpsi BSA pada Selulosa Hasil Hidrolisis (StH) dengan Variasi pH

Larutan BSA 400 mg/L dengan variasi pH 3, 4, 5 dan 6 dibuat dengan melarutkan sebanyak 0,02 g BSA ke dalam 50 mL larutan buffer dengan variasi pH tertentu. Selanjutnya masing-masing dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 mL dan ditambahkan sebanyak 0,1 g serbuk StH, dicampurkan dengan dikocok dengan kecepatan 150 rpm pada 30°C. Setelah 2 jam kesetimbangan adsorpsi diperoleh dan suspensi disaring (Anirudhan dan Rejeena, 2012). Filtrat yang diperoleh diambil sebanyak 50 μL dan dimasukkan dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 2,5 mL reagen Bradford, dikocok dan didiamkan selama 10 menit, selanjutnya diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum (Purwanto, 2014).

Absorbansi yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam persamaan linier dari kurva kalibrasi, sehingga diperoleh konsentrasi BSA setelah diadsorpsi oleh nanoselulosa. Penentuan persentase adsorpsi (% Adsorpsi) dan jumlah BSA yang teradsorpsi (q) dilakukan dengan mengikuti persamaan:

$$\% \text{ Adsorpsi} = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \quad (7)$$

$$q \text{ (m / g)} = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m} \quad (8)$$

di mana C_0 adalah konsentrasi awal dan C_e adalah konsentrasi setelah adsorpsi (mg/L), m adalah massa adsorben (g), dan V adalah volume larutan BSA (mL), dan q adalah jumlah BSA yang teradsorpsi dalam satuan m / g (Anirudhan dan Rejeena, 2012).

3.3.8 Penentuan Kapasitas Adsorpsi BSA pada Variasi Kekuatan Ionik

Sebelum menentukan kapaitas adsorpsi BSA dengan variasi kekuatan ionik, perlu dilakukan beberapa tahapan, yaitu pembuatan larutan NaCl dengan variasi konsentrasi 0,02; 0,04; 0,06; 0,08 dan 0,1 M, Selanjutnya ditentukan kapasitas adsorpsi BSA pada masing-masing variasi konsentrasi NaCl.

a. Pembuatan larutan NaCl

- Larutan induk NaCl 0,5 M

Larutan induk dibuat dengan melarutkan sebanyak 2,92 gram ke dalam akuades. Selanjutnya dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan sampai tanda batas.

- Larutan NaCl 0,02 M

Larutan NaCl 0,02 M dibuat dengan mengambil sebanyak 4 mL larutan induk NaCl 0,5 M, kemudian diencerkan dalam 100 mL akuades sampai tanda batas.

- Larutan NaCl 0,04 M

Larutan NaCl 0,02 M dibuat dengan mengambil sebanyak 8 mL larutan induk NaCl 0,5 M, kemudian diencerkan dalam 100 mL akuades sampai tanda batas.

- Larutan NaCl 0,06 M

Larutan NaCl 0,02 M dibuat dengan mengambil sebanyak 12 mL larutan induk NaCl 0,5 M, kemudian diencerkan dalam 100 mL akuades sampai tanda batas.

- Larutan NaCl 0,08 M

Larutan NaCl 0,02 M dibuat dengan mengambil sebanyak 16 mL larutan induk NaCl 0,5 M, kemudian diencerkan dalam 100 mL akuades sampai tanda batas.

- Larutan NaCl 0,1 M

Larutan NaCl 0,02 M dibuat dengan mengambil sebanyak 20 mL larutan induk NaCl 0,5 M, kemudian diencerkan dalam 100 mL akuades sampai tanda batas.

b. Adsorpsi BSA pada Selulosa Hasil Hidrolisis (StH) dengan Variasi Kekuatan Ionik

Larutan BSA 400 mg/L dengan variasi konsentrasi 0,02; 0,04; 0,06; 0,08 dan 0,1 M dibuat dengan melarutkan sebanyak 0,02 g BSA ke dalam 50 mL masing-masing variasi larutan NaCl. Selanjutnya masing-masing dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 mL dan ditambahkan sebanyak 0,1 g serbuk StH, dicampurkan dengan dikocok dengan kecepatan 150 rpm pada 30°C. Setelah 2 jam kesetimbangan adsorpsi diperoleh dan suspensi disaring (Anirudhan dan Rejeena, 2012). Filtrat yang diperoleh diambil sebanyak 50 μ L dan dimasukkan dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 2,5 mL reagen Bradford, dikocok dan didiamkan selama 10 menit, selanjutnya diukur adsorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum (Purwanto, 2014).

Absorbansi yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam persamaan linier dari kurva kalibrasi, sehingga diperoleh konsentrasi BSA setelah diadsorpsi oleh nanoselulosa. Kemudian konsentrasi yang diperoleh dimasukkan pada persamaan (7) dan (8) untuk menentukan % Adsorpsi dan jumlah BSA yang teradsorpsi (q).

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dalam penelitian ini adalah :

1. Karakteristik selulosa yang dihidrolisis dengan asam sulfat menghasilkan perubahan struktur pada StH yang ditandai adanya serapan gugus sulfat pada bilangan gelombang $1195-769\text{ cm}^{-1}$ dengan jumlah gugus sulfat yang masuk sebesar 285 mmol/Kg . Struktur permukaan StH menjadi lebih halus, namun sebaran ukuran partikel StH masih belum mencapai ukuran nanoselulosa yang seharusnya yaitu $48,4\text{ }\mu\text{m}$, selain itu juga kristalinitas dari StH meningkat dari $80,03\%$ menjadi $94,41\%$.
2. Kapasitas adsorpsi BSA meningkat pada pH 3 sampai 4 kemudian menurun kembali ketika pH 5 sampai 6. Pada semua pH StH dengan karakteristik permukaan yang lebih baik dibanding SbH, mampu mengadsorpsi BSA lebih banyak, dan pH optimum kapasitas adsorpsi BSA yaitu pada pH 4. Konsentrasi larutan NaCl yang semakin meningkat kapasitas adsorpsi BSA baik pada StH maupun SbH semakin menurun karena adanya garam NaCl yang dapat menurunkan kelarutan dari BSA.

5.2 Saran

Penelitian lebih lanjut dalam penyempurnaan penelitian ini dapat berupa penambahan optimasi sonikasi meliputi lamanya waktu sonikasi dan frekuensi sonikator yang digunakan, karena proses ini sangat berpengaruh pada pembentukan nanoselulosa. Penelitian ini juga perlu adanya penambahan mengenai isoterm adsorpsi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., dan Khairurrijal. 2009. Review: Karakterisasi Nanomaterial. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi* 2 (1): 1-9.
- Akgül, M., N. B. Savak, M. Özmak, A. D. Gümrah, Y. Yürüm, and A. Karabakan. 2008. Adsorption of Bovine Serum Albumin (BSA) on Clinoptilolite. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 36 (1): 21-29.
- Almalaika, S., and G. Scott. 1983. *In Degradation and Stabilization of Polyolefins*. App.Sci, Ltd. London.
- Andrade, J.D., and V. Hlady. 1986. Protein Adsorption and Materials Biocompatibility: A Tutorial Review and Suggested Hypotheses. In *Advances in Polymer Science. Biopolymers/Non-Exclusion HPLC*. Berlin: Springer-Verlag. 79. 1-63.
- Anirudhan, T. S., S. R. Rejeena, &A. R. Tharun. 2012. Preparation, characterization and adsorption behavior of tannin-modified poly (glycidylmethacrylate)-grafted zirconium oxide-densified cellulose for the selective separation of bovine serum albumin. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 93: 49-58.
- Anirudhan, T. S., and S. R. Rejeena. 2012. Poly (acrylic acid)-modified poly (glycidylmethacrylate)-grafted nanocellulose as matrices for the adsorption of lysozyme from aqueous solutions. *Chemical engineering journal* 187: 150-159.
- Anirudhan, T. S., and S. R. Rejeena. 2013. Selective adsorption of hemoglobin using polymer-grafted-magnetite nanocellulose composite. *Carbohydrate polymers* 93 (2): 518-527.
- Atkins, P.W. 1999. *Kimia Fisika. Terjemahan Kartahadiprojo Irma I, Edisi ke 2*. Jakarta: Erlangga.
- Azeredo, H. M. C., L. H. C. Mattoso, D. Wood, T. G. Williams, R. J. A. Bustillos, and T. H. McHugh. 2009. Nanocomposite Edible Film from Mango Puree Reinforced with Cellulose Nanofibers. *Journal of Food Science*. 74(5):31-35.
- Boldt, J. 2010. Use of Albumin. *British Journal of Anaesthesia*. 104 (3): 276-84.
- Bollag, D.M., M.D. Rozicky, and S. J. Edelstein. 1996. *Protein Methods*. Edisi kedua. New York: John Wiley dan Sons Inc.

- Castellan, GW. 1982. *Physical Chemistry*. Third Edition. New York: General Graphic Servies.
- Chi, E. Y., S. Krishnan, T. W. Randolph, and J. F Carpenter. 2003. Physical Stability of Proteins in Aqueous Solution: Mechanism and Driving Forces in Nonnative Protein Aggregation. *Pharmaceutical Research*. 20 (9): 1325-1336.
- Chinn, J.A and S. M. Slack. 2000. Biomaterials: Protein-Surface Interaction. *The Biomedical Engineering Handbook: Second Edition*. Boca Raton: CRC Press LLC.
- Curtis, R. A., and L. Lue. 2006. A Molecular Approach to Bioseparations: Protein Protein and Protein-Salt Intractions. *Chemical Engineering Science*. 61 (3): 907-923.
- Dewald, I., O. Isakin, J. Schubert, T. Kraus, and M. Chanana. 2015. Protein Identity and Environmental Parameters Determine the Final Physico-Chemical Properties of Protein-Coated Metal Nanoparticles. *The Journal of Physical Chemistry C*. 119 (45): 25482-25492.
- Dong, X. M., J. F. Revol, and D. G. Gray. 1998. Effect of Microcrystallite Preparation Conditions on The Formation of Colloid Crystals of Cellulose. *Cellulose*. 5 (1): 19-32.
- Effendi, D. B., N. H. Rosyid, A. B. D. Nandiyanto, dan A. Mudzakir. 2015. *Review: Sintesis Nanoselulosa*. *Jurnal Integrasi Proses*. 5 (2): 61-74.
- Francisco, S., H. Laurent, F. Mathieu, and M. Sebastian. 2012. *Surface Modification of Cellulose Nanoparticles*. Centre de Recherches sur les Macromolécules Végétales (CERMAV). FRANCE: Grenoble.
- French, A. D. 2014. Idealized Powder Diffraction Patterns for Cellulose Polymorphs. *Cellulose*. 21(2): 885-896.
- Griffith, P. 1975. *Chemical Infrared Fourier Transform Spectroscopy*. New York.: John Wiley & Sons.
- Hapsari, B. W. 2009. Sintesis nanosfer berbasis ferrofluida dan poly lactid acid (PLA) dengan metode sonikasi. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Haryani, Sri, dan A. T. Prasetya. 2004. *Kimia Analisis Instrumen*. Semarang: FMIPA UNNES.
- Hendayana, Kadarohmah, Sumarna, dan Supriatna. 1994. *Kimia Analitik Instrumen*. Edisi Kesatu. Semarang: IKIP Semarang Press.

- Huang, B.X and H. Y. Kim. 2004. Probing Three-Dimensional Structure of Bovine Serum Albumin by Chemical Cross-Linking and Mass Spectrometry. *Journal of the American Society for Mass Spectrometry*. 15 (8): 1237-1247.
- Ioelovich, M. 2012. Optimal Conditions for Isolation of Nanocrystalline Cellulose Particles. *Nanoscience and Nanotechnology*. 2(2): 9-13.
- Klemm, D., F. Kramer, S. Moritz, T. Lindstrom, M. Ankerfors, D. Gray, and A. Dorris. 2011. Nanocellulose: A New Family of Nature-Based Materials. *Angewandte Chemie International Edition*. 50 (24): 5438-5466.
- Lehninger, Albert L. 1993. *Dasar-dasar Biokimia Jilid I*. Diterjemahkan oleh Maggy Thenawidjaja. Jakarta: Erlangga.
- Lestari, L. C., K. Felina, A. Awaliah, dan Z. Arif. (Tanpa Tahun). *Potensiometri dan Konduktometri*. Bogor: IPB.
- Lin, N., and A. Dufresne. 2014. Nanocellulose in Biomedicine: Current Status and Future Prospect. *European Polymer Journal*. 59, 302-325.
- Liu, P. 2015. *Adsorption Behavior of Heavy Metal Ions from Aqueous Medium on Nanocellulose*. Doctoral Thesis. Sweden: Department of Engineering Sciences and Mathematics, Luleå University of Technology
- Lynch, I., and K. A. Dawson. 2008. *Protein-nanoparticle Adsorption*. ISSN: 17480132. 3, 1-2.
- Maddahy, N. K., O. Ramezani, and H. Kermanian. 2012. Production of Nanocrystalline Cellulose from Sugarcane Bagasse. *Proceedings of the 4th International Conference on Nanostructures (ICNS4)* 12-14 March Kish Island, I. R. Iran.
- Mathes, J. 2010. *Protein adsorption to vial surfaces-quantification, structural and mechanistic studies*. Cuvillier.
- Mulder, M. 1996. *Basic Principle of Membrane Technology*. Netherland: Kluwer Academic Publisher.
- Nurmawati, M. 2007. *Analisis Derajat Kristalinitas, Ukuran Kristal dan Bentuk Partikel Mineral Tulang Manusia Berdasarkan Variasi Umur dan Jenis Tulang*. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Bogor: IPB.
- Oke, I. 2010. Nanoscience in Nature: Cellulose Nanocrystals. *Studies by Undergraduate Researchers at Guelph*. 3 (2): 77-80.

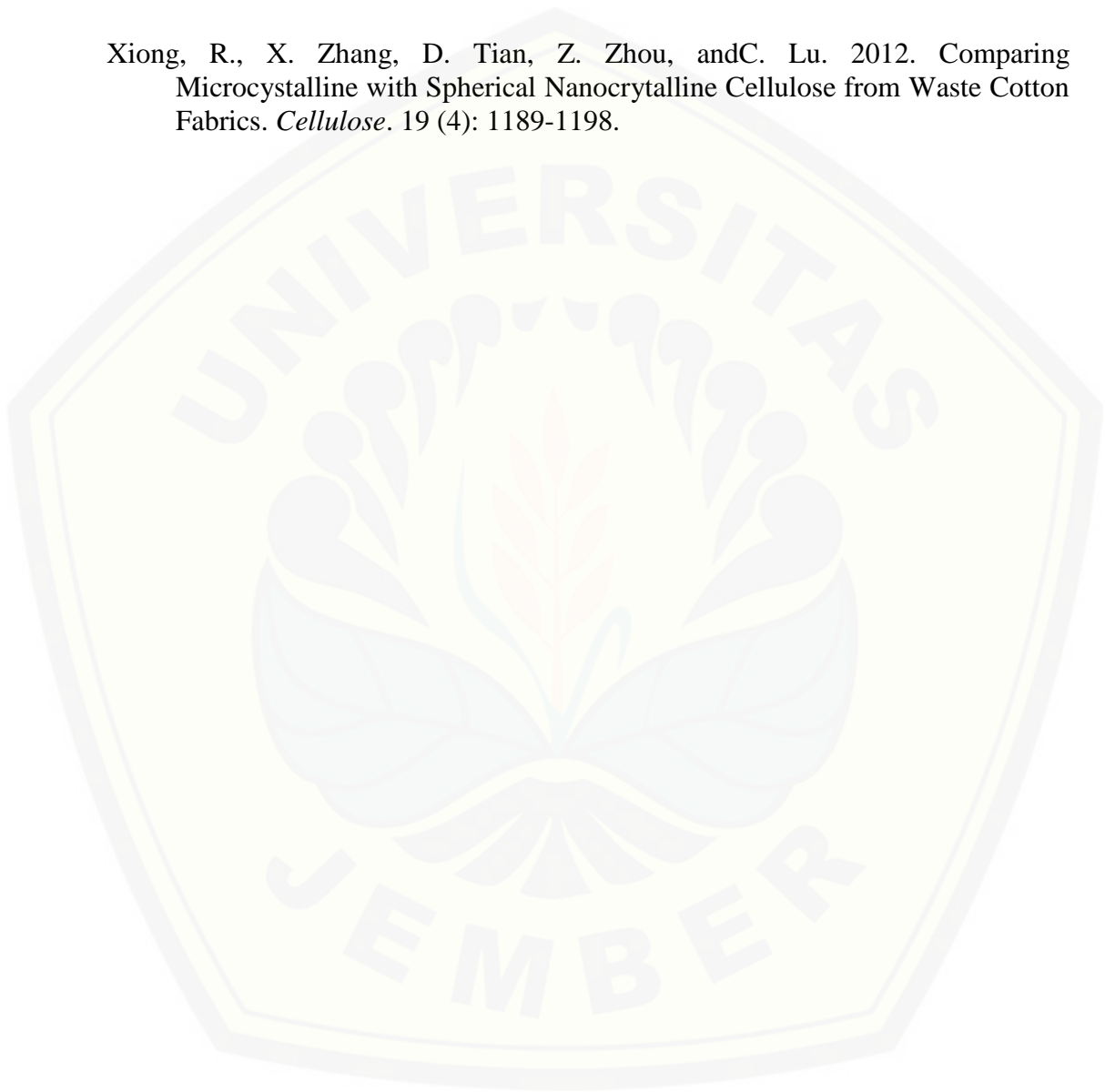
- Oshima, T., S. Taguchi, K. Ohe, and Y. Baba. 2011. Phosphorylated Bacterial Cellulose for Adsorption of Protein. *Carbohydrate Polymers*. 83 (2): 953-958.
- Özgün, S. 2013. *Nanoemulsions in Cosmetics*. Eski ehir: Anadolu University.
- Purnama, E. F. 2006. Pengaruh Suhu Reaksi Terhadap Derajat Kristalinitas dan Komposisi Hidroksiapatit Dibuat dengan Media Air dan Cairan Tubuh Buatan (Synthetic Body Fluid). *Skripsi*. Bogor: FMIPA IPB.
- Pratomo, H. 2003. Pembuatan dan Karakterisasi Membran Komposit Polisulfon Selulosa Asetat untuk Proses Ultrafiltrasi. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*. Edisi 3 Tahun VIII: 168-173.
- Purwanto, M. G. M. 2014. Perbandingan Analisa Kadar Protein Terlarut dengan Berbagai Metode Spektroskopi UV-Vis. *Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*. 7 (2): 64-71.
- Qua, E.H., P. R. Hornsby, H. Sharma, and G. Lyons. 2011. Preparation and characterisation of cellulose nanofibres. *J Mater Sci*. 46 (18):6029–6045.
- Quinlan, G. J., G. S. Martin, and T. W. Evans. 2005. Albumin: biochemical properties and therapeutic potential. *Hepatology*. 41 (6): 1211-1219.
- Rahman, R. 2008. *Pengaruh Proses Pengeringan, Anil, dan Hidrotermal Terhadap Kristalinitas Nanopartikel TiO₂ Hasil Proses Sol-Gel*. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.
- Rahmawati, E. 2006. *Adsorpsi Senyawa Residu Klorin pada Karbon Aktif Termodifikasi Zing Klorida*. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Bogor: IPB.
- Romdhane, A., M. Arousseau, A. Guilet, and E. Mauret. 2015. Effect of pH and Ionic Strength on The Electrical Charge and Particle Size Distribution of Starch Nanocrystal Suspensions. *Starch-Stärke*. 67 (3-4): 319-327.
- Sastrohamidjojo, H. 1992. *Spektroskopi Inframerah*. Cetakan Pertama. Yogyakarta: Penerbit Liberty.
- Sastrohamidjojo, H. 2007. *Spektroskopi*. Yogyakarta: Liberty.
- Shechter, E. 1997. *In: Masson (Ed.), Biochimie et Biophysique des Membranes. Aspects Structuraux et Fonctionnels*. Paris.
- Shofa. 2012. *Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu dengan Aktivasi Kalium Hidroksida*. Tidak Diterbitkan. Depok: UI.

- Silverstein, R. M. 1986. *Penyidikan Spektrometri Senyawa Organik*. Edisi ke-4. Terjemahan A. J. Hartomo dan Anny Victor Purba. Erlangga. Jakarta.
- Sitorus, A. 2009. *Penyediaan Film Mikrokomposit PVC Menggunakan Pemplastis Stearin dengan Pengisi Pati dan Penguat Serat Alam*. Tidak Diterbitkan. Tesis. Medan: Program Pascasarjana USU.
- Skoog, D.A., and West, D.M. 1971. *Principles of instrumental analysis*. New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc.
- Stryer, L. 1995. *Biochemistry*, 4th ed. New York: W.H. Freeman.
- Suhardjo dan M. K. Clara. 1992. *Prinsip-Prinsip Ilmu Gizi*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sukardjo. 1990. *Kimia Fisika*. Yogyakarta: Rineka Cipta.
- Suryawan, B. 2004. *Karakteristik Zeolit Indonesia sebagai Adsorben Uap Air*. Tidak Diterbitkan. Disertasi. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Svehla, G. 1990. *Textbook of macro and semimicro Qualitative Inorganic Analysis*. Edisi Kelima. Bagian 1. Penerjemah: Setionodan Handyana Putjaatmaka. *Buku Ajar Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Jakarta: PT Kalman Media Pustaka.
- Tang, Y., S. Yang, N. Zhang, and J. Zhang. 2013. Preparation and characterization of nanocrystalline cellulose via low-intensity ultrasonic-assisted sulfuric acid hydrolysis. *Cellulose*. 21 (1): 335-346.
- Tahid. 1994. *Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier*. Bandung: Warta Kimia Analitis. No II Th VIII.
- Tandy, E., I. F. Hasibuan, dan H. Harahap. 2012. *Kemampuan Adsorben Limbah Lateks Karet Alam Terhadap Minyak Pelumas Dalam Air*. Jurnal Teknik Kimia USU. Volume 1 No. 2. Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik. USU.
- Uhing, MD. 2004. *The Albumin Controversy*. Cliniks in Perinatology. 31, 475-488.
- Voutou B and E. C. Stefanaki. 2008. *Electron microscopy: the basics. physics of advanced materials winter school*. Greece: Aristotle University of Thessaloniki.
- Wahyudi, A., D. Amalia, Sariman dan S. Rochani. 2010. Sintesis Nanopartikel Zeolit Secara Top Down Menggunakan Planetary Ball Mill dan Ultrasonikator. *M & E*, 8 (1): 32 – 36.

Wicaksono, R., K. Syamsu, I. Yuliasih, dan M. N. Tin. 2013. Karakteristik Nanoserat Selulosa dari Ampas Tapioka dan Aplikasinya sebagai Penguat Film Tapioka. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 23 (1): 38-45.

Winarno, FG. 1991. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

Xiong, R., X. Zhang, D. Tian, Z. Zhou, and C. Lu. 2012. Comparing Microcrystalline with Spherical Nanocrystalline Cellulose from Waste Cotton Fabrics. *Cellulose*. 19 (4): 1189-1198.



LAMPIRAN

LAMPIRAN A. PERHITUNGAN DAN PENGOLAHAN DATA

A.1 Pembuatan H₂SO₄ 50% dari H₂SO₄ 98%

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

$$98\% \times V_1 = 50\% \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{5}{9} = 51 \text{ mL}$$

A.2 Pembuatan Larutan NaOH 0,01 M

Diketahui : Mr NaOH = 39,99 g/mol

$$M = \frac{n}{V}$$

$$n = 1 \text{ mol/L} \times 0,25 \text{ L} = 0,25 \text{ mol}$$

$$m = n \times Mr = 0,25 \text{ mol} \times 39,99 \text{ g/mol} = 9,99 \text{ g}$$

Selanjutnya, dilakukan pengenceran dari NaOH 1 M:

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1 \text{ M} \cdot V_1 = 0,01 \text{ M} \cdot 100 \text{ mL}$$

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

A.3 Pembuatan Larutan NaCl 0,001 M

Diketahui : Mr NaCl = 58,44 g/mol

$$M = \frac{n}{V}$$

$$n = 0,001 \text{ mol/L} \times 0,5 \text{ L} = 0,0005 \text{ mol}$$

$$m = n \times Mr = 0,0005 \text{ mol} \times 58,44 \text{ g/mol} = 0,029 \text{ g}$$

A.4 Pembuatan Larutan Asam Oksalat(C₂H₂O₄) 0,05 M

Diketahui : Mr C₂H₂O₄.H₂O = 90,03 g/mol

$$M = \frac{n}{V}$$

$$n = 0,05 \text{ mol/L} \times 0,1 \text{ L} = 0,005 \text{ mol}$$

$$m = n \times Mr = 0,005 \text{ mol} \times 90,03 \text{ g/mol} = 0,450 \text{ g}$$

A.5 Pembuatan Larutan HCl 0,05 M

Diketahui : $\rho = 1,18 \text{ g/mL}$

Mr = 36,46 g/mol

$$m = \rho \times V$$

$$= 1,18 \text{ g/mL} \times 100 \text{ mL} = 118 \text{ g}$$

Massa HCl 100% = 118 g, sehingga massa HCl 37% = $118 \text{ g} \times \frac{37}{100} = 43,66 \text{ g}$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{43,66 \text{ g}}{36,5 \text{ g/mol}} = 1,20 \text{ mol}$$

$$M = \frac{n}{V} = \frac{1,2 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 12 \text{ M}$$

Dilakukan pengenceran larutan HCl induk :

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$12 \text{ M} \cdot V_1 = 0,05 \text{ M} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 0,41 \text{ mL}$$

A.6 Standarisasi Larutan NaOH 0,01 M dengan H₂C₂O₄ 0,05 M

$$M \text{ C}_2\text{H}_2\text{O}_4 = 0,05 \text{ M}$$

$$V \text{ C}_2\text{H}_2\text{O}_4 = 5 \text{ mL}$$

- Pengulangan 1, Volume NaOH yang dibutuhkan adalah 25,7 mL

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$0,05 \text{ M} \cdot 5 \text{ mL} = M_2 \cdot 25,7 \text{ mL}$$

$$M_2 = 0,0097 \text{ M}$$

- Pengulangan 2, Volume NaOH yang dibutuhkan adalah 26,4 mL

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$0,05 \text{ M} \cdot 5 \text{ mL} = M_2 \cdot 26,4 \text{ mL}$$

$$M_2 = 0,0094 \text{ M}$$

- Pengulangan 3, Volume NaOH yang dibutuhkan adalah 26,1 mL

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$0,05 \text{ M} \cdot 5 \text{ mL} = M_2 \cdot 26,1 \text{ mL}$$

$$M_2 = 0,0095 \text{ M}$$

Sehingga konsentrasi NaOH rata-rata adalah:

$$\bar{M} \text{ rata-rata} = \frac{0,0097 + 0,0094 + 0,0095}{3} = 0,0095 \text{ M}$$

A.7 Pembuatan Etanol 95% dari Etanol Absolut (100%)

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$100\% \cdot V_1 = 95\% \cdot 250 \text{ mL}$$

$$V_1 = 237,5 \text{ mL}$$

A.8 Pembuatan Larutan Standart Bovine Serum Albumin**- BSA 1000 mg/L**

$$1000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \times 0,025 \text{ L} = 0,025 \text{ g}$$

Membuat larutan standar BSA dilakukan dengan pengenceran dari larutan BSA induk 1000 mg/L.

Konsentrasi BSA (mg/L)	Volume Pengenceran (mL)	Volume BSA 1000 mg/L yang diambil (mL)
500		5
400		4
300	10 mL	3
200		2
100		1

A.9 Pembuatan Larutan Bovine Serum Albumin 400 mg/L dari Larutan Induk 1000 mg/L

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ mg/L} \cdot V_1 = 400 \text{ mg/L} \cdot 50 \text{ mL}$$

$$= \frac{2}{1} m$$

$$= 20 \text{ mL}$$

A.10 Pembuatan Buffer Sitrat-Fosfat pH 3; 4; 5; dan 6**- Asam Sitrat 0,1 M**

$$M = \frac{n}{V} \rightarrow n = M \times V$$

$$= 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 250 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}}$$

$$= 0,025 \text{ mol}$$

$$n = \frac{m}{M_r} \rightarrow m = n \times M_r$$

$$= 0,025 \text{ mol} \times 192,124 \text{ g/mol}$$

$$= 4,803 \text{ g}$$

- Na₂HPO₄ 0,2 M

$$M = \frac{n}{V} \rightarrow n = M \times V$$

$$= 0,2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 250 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}}$$

$$= 0,05 \text{ mol}$$

$$n = \frac{m}{Mr} \rightarrow m = n \times Mr$$

$$= 0,05 \text{ mol} \times 141,96 \text{ g/mol}$$

$$= 7,098 \text{ g}$$

pH	Asam Sitrat 0,1 M (mL)	Na ₂ HPO ₄ 0,2 M (mL)
3	95,34	24,66
4	73,74	46,26
5	58,20	61,80
6	44,22	75,78

A.11 Pembuatan Larutan NaCl Variasi Konsentrasi

- Larutan Induk NaCl 0,5 M

$$M = \frac{n}{V} \rightarrow n = M \times V$$

$$= 0,5 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 100 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}}$$

$$= 0,05 \text{ mol}$$

$$n = \frac{m}{Mr} \rightarrow m = n \times Mr$$

$$= 0,05 \text{ mol} \times 58,44 \text{ g/mol}$$

$$= 2,92 \text{ g}$$

Variasi larutan NaCl konsentrasi 0,02 M sampai 0,10 M dilakukan dengan pengenceran dari larutan NaCl induk 0,5 M

Konsentrasi NaCl (M)	Volume Pengenceran (mL)	Volume NaCl 0,5 M yang diambil (mL)
0,02		4
0,04		8
0,06	100 mL	12
0,08		16
0,10		20

A.12 Perolehan Rendemen (Yield) Nanoselulosa atau Selulosa Setelah Hidrolisis (StH)

Perolehan Yield dihitung menggunakan rumus:

$$\% \text{ Yield} = \frac{\text{massa hasil hidrolisis}}{\text{massa selulosa awal}} \times 100 \%$$

dimana massa selulosa awal = 10 gram dan massa nanoselulosa yang dihasilkan

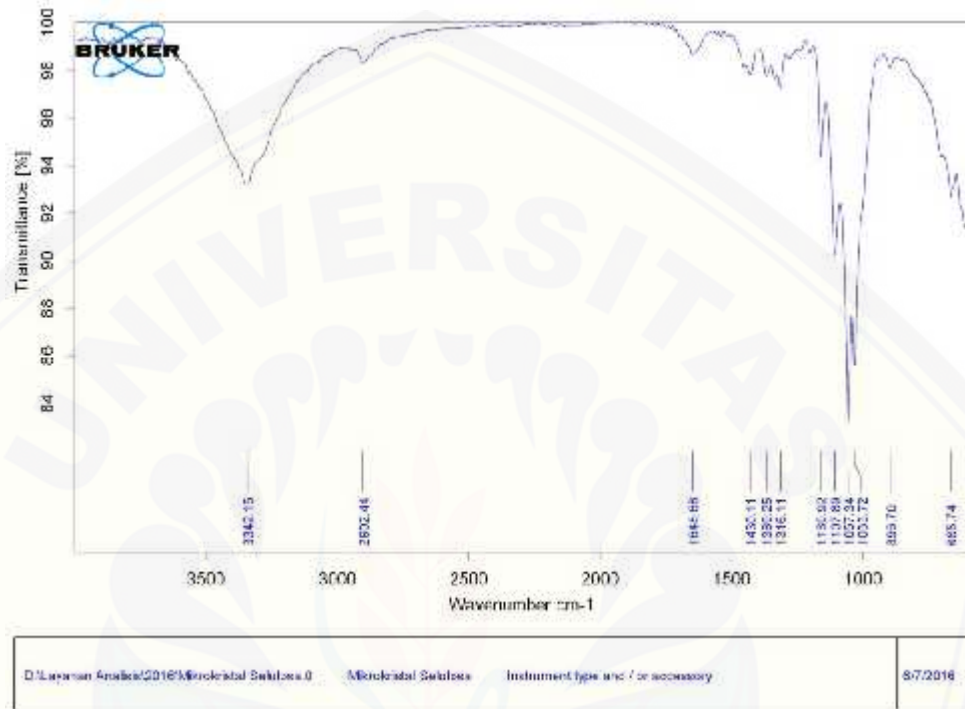
$$\% \text{ Yield} = \frac{4,63 \text{ gram}}{10 \text{ gram}} \times 100 \% = 46,3 \%$$



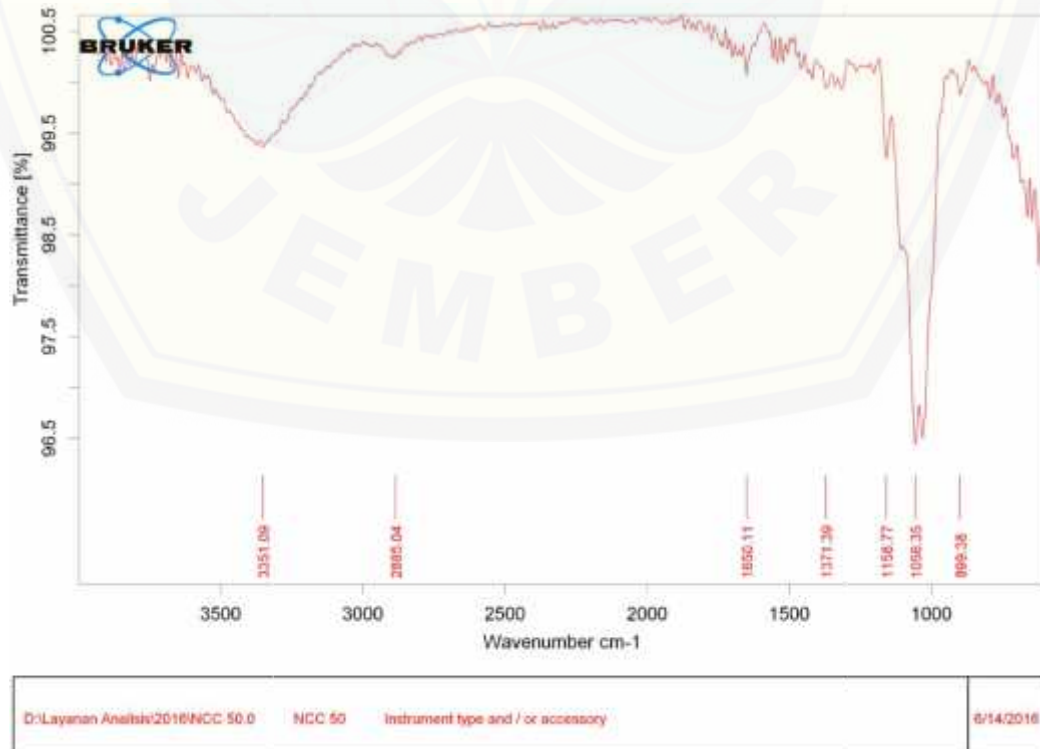
LAMPIRAN B. KARAKTERISASI SELULOSA SEBELUM DAN SETELAH HIDROLISIS

B.1 Hasil Spektrum IR

B.1.1 Spektrum IR Selulosa Sebelum Hidrolisis (SbH)

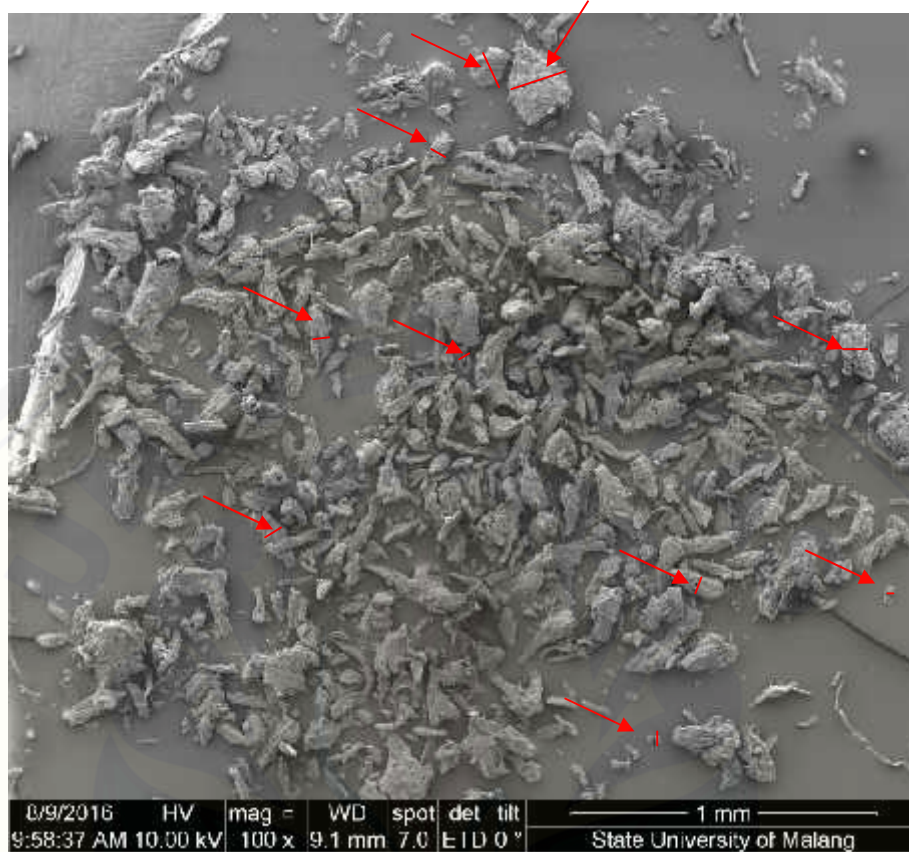


B.1.2 Spektrum IR Selulosa Setelah Hidrolisis (StH)



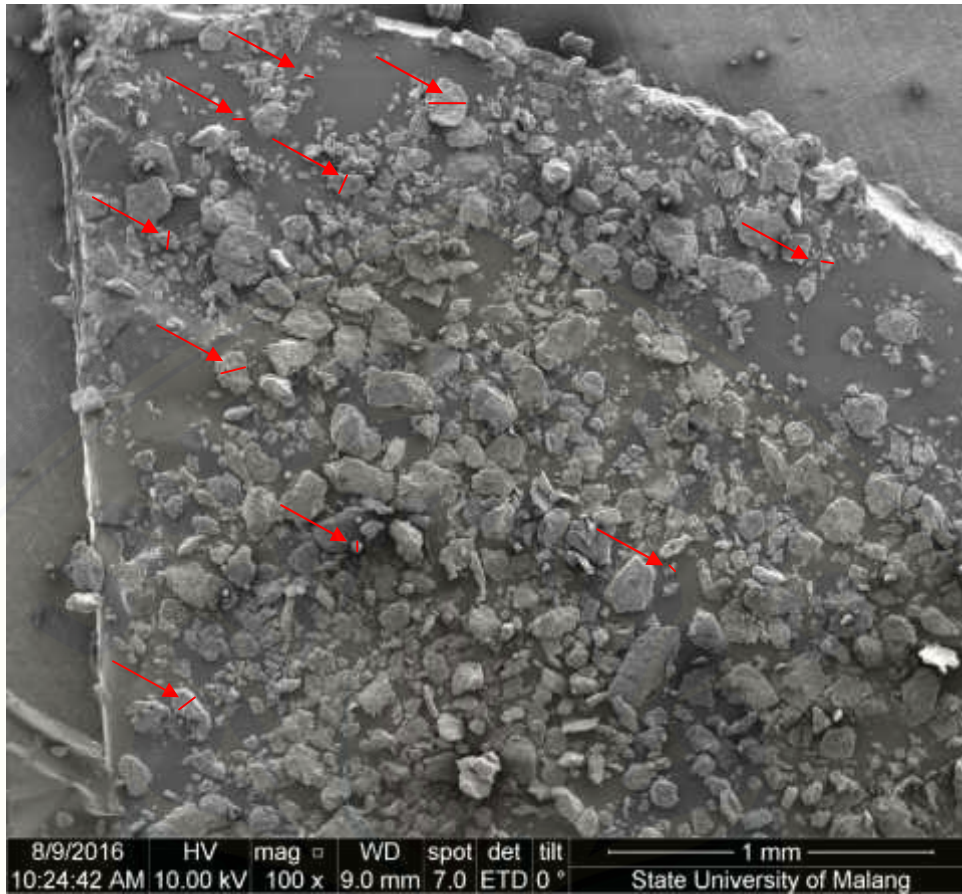
B.2 Analisis Ukuran Partikel dengan SEM

- Selulosa Sebelum Hidrolisis (SbH)



	Area	Mean	Min	Max	Angle	Length (mm)	Lenght (µm)
1	121	166.564	125.423	239.007	20.389	0.177	177
2	71	137.419	100.738	196.662	0	0.104	104
3	40	150.060	88.697	244.846	-30.466	0.058	58
4	46	123.112	67.364	172.405	3.731	0.067	67
5	44	122.115	70.065	179.597	-113.552	0.063	63
6	18	114.493	81.513	132.378	90	0.025	25
7	15	126.158	108.101	138.074	0	0.021	21
8	55	118.623	74.045	154.400	47.231	0.079	79
9	29	89.010	47.003	114.773	23.749	0.041	41
10	57	137.086	75.718	185.969	3.013	0.083	83
			Rata-rata			0,0718 mm	71,8 µm

- **Selulosa Setelah Hidrolisis (StH)**

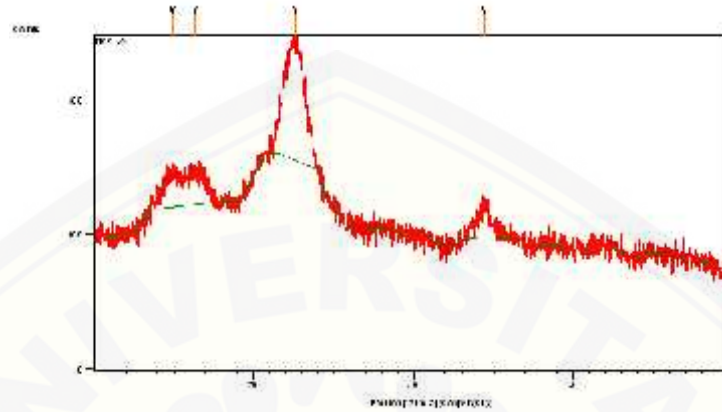


	Area	Mean	Min	Max	Angle	Length (mm)	Lenght (µm)
1	83	155.343	120.511	208.148	0	0.120	120
2	15	153.310	61.891	204.406	-33.690	0.021	21
3	68	140.635	79.850	207.610	27.719	0.098	98
4	32	131.507	73.918	167.521	61.821	0.046	46
5	25	125.582	41.090	176.460	55.008	0.036	36
6	31	116.498	96.901	149.886	-110.772	0.045	45
7	12	148.632	128.524	165.982	0	0.017	17
8	24	147.785	120.506	206.260	-7.765	0.033	33
9	15	129.540	100.945	158.666	-90	0.021	21
10	33	135.776	106.475	226.201	45	0.047	47
						Rata-rata	
						0,0484 mm	48,4 µm

B.3 Analisis XRD

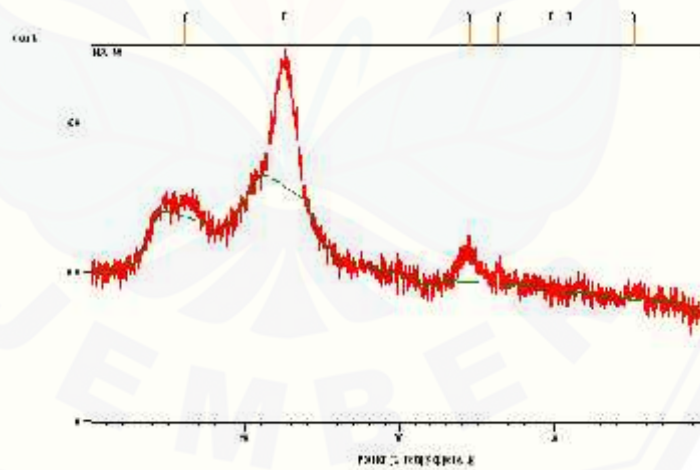
B.3.1 Data Hasil XRD

- Analisis Selulosa Sebelum Hidrolisis



Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
14.9085	68.15	0.7872	5.94241	19.89
16.3356	64.14	0.9446	5.42635	18.72
22.6253	342.60	0.7085	3.93010	100.00
34.4377	59.36	0.6298	2.60432	17.33

- Analisis Selulosa Hasil Hidrolisis



Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
16.0523	32.92	0.4723	5.52149	9.88
22.4926	333.34	0.7872	3.95297	100.00
34.5205	51.09	0.2362	2.59826	15.33
36.3478	15.94	0.1968	2.47173	4.78
39.7633	17.72	0.0590	2.26694	5.32
40.9716	1.01	0.1181	2.20284	0.30
45.2054	7.54	1.1520	2.00422	2.26

B.3.2 Pengolahan Data

Diketahui:

Sampel	Kristal		Amorf	
	FWHM	Intensitas	FWHM	Intensitas
SbH	0,7085	342,6	0,9446	64,14
StH	0,7872	333,34	0,4723	32,92

Derajat Kristalinitas dapat dihitung dari luas fraksi kristal dan fraksi amorf, dimana luas fraksi diperoleh dengan mengalikan FWHM dengan tingginya intensitas puncak:

$$\text{Luas Fraksi Kristal} = \text{FWHM}_{\text{Kristal}} \times I_{\text{Kristal}}$$

$$\text{Luas Fraksi Amorf} = \text{FWHM}_{\text{Amorf}} \times I_{\text{Amorf}}$$

Sehingga, untuk menghitung derajat kristalinitas (Crl) menggunakan persamaan:

$$\text{Crl} = \frac{\text{Luas Fraksi Kristal}}{\text{Luas Fraksi Kristal} + \text{Luas Fraksi Amorf}} \times 100 \%$$

➤ Perhitungan untuk Selulosa Sebelum Hidrolisis (SbH)

$$\begin{aligned} \text{Luas Fraksi Kristal} &= \text{FWHM}_{\text{Kristal}} \times I_{\text{Kristal}} \\ &= 0,7085 \times 342,6 = 242,73 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Fraksi Amorf} &= \text{FWHM}_{\text{Amorf}} \times I_{\text{Amorf}} \\ &= 0,9446 \times 64,14 = 60,59 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Crl} &= \frac{\text{Luas Fraksi Kristal}}{\text{Luas Fraksi Kristal} + \text{Luas Fraksi Amorf}} \times 100 \% \\ &= \frac{242,73}{242,73 + 60,59} \times 100 \% \\ &= 80,03 \% \end{aligned}$$

➤ Perhitungan untuk Selulosa Setelah Hidrolisis (StH)

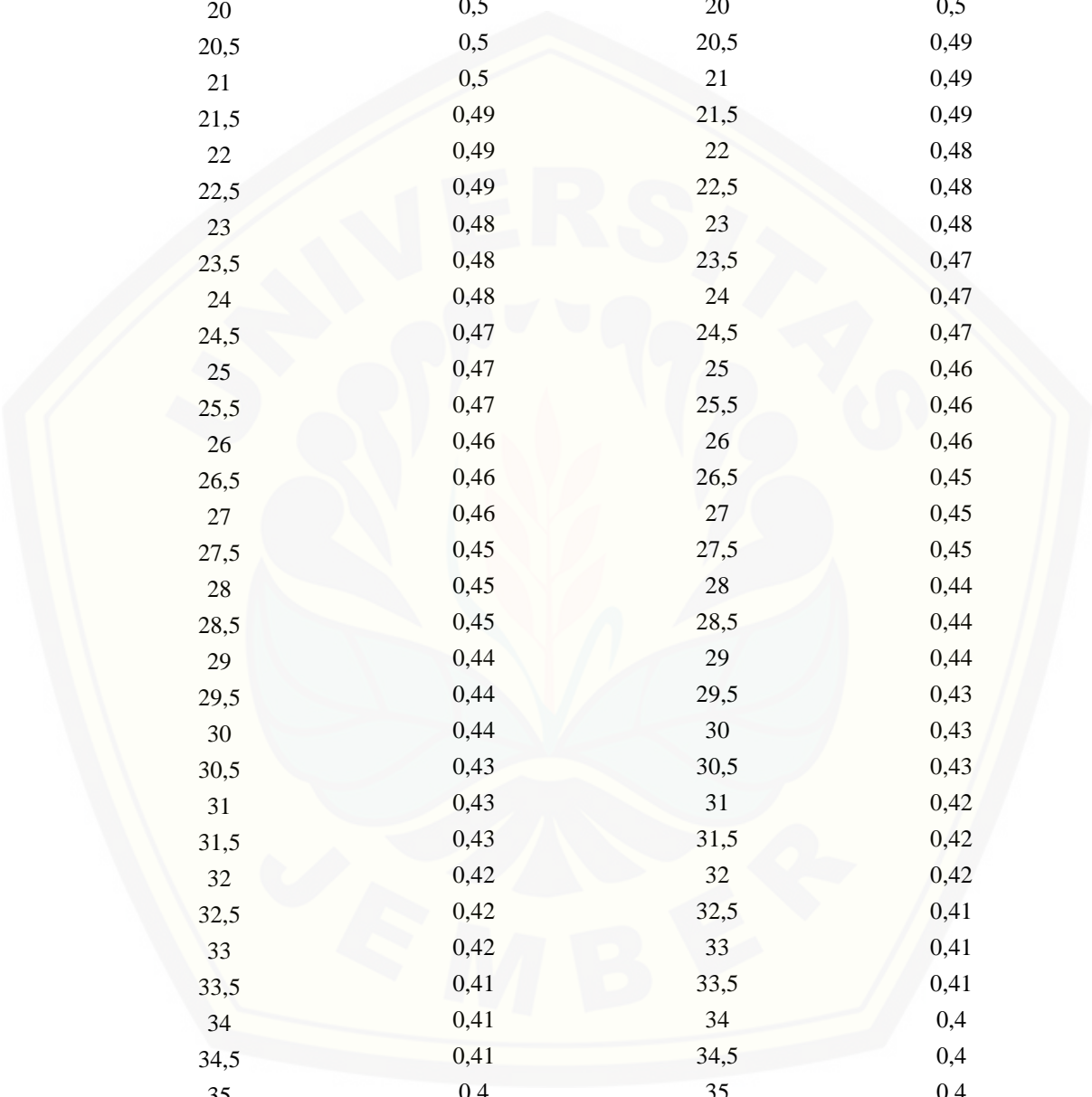
$$\begin{aligned} \text{Luas Fraksi Kristal} &= \text{FWHM}_{\text{Kristal}} \times I_{\text{Kristal}} \\ &= 0,7872 \times 333,34 = 262,41 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Fraksi Amorf} &= \text{FWHM}_{\text{Amorf}} \times I_{\text{Amorf}} \\ &= 0,4723 \times 32,92 = 15,55 \end{aligned}$$

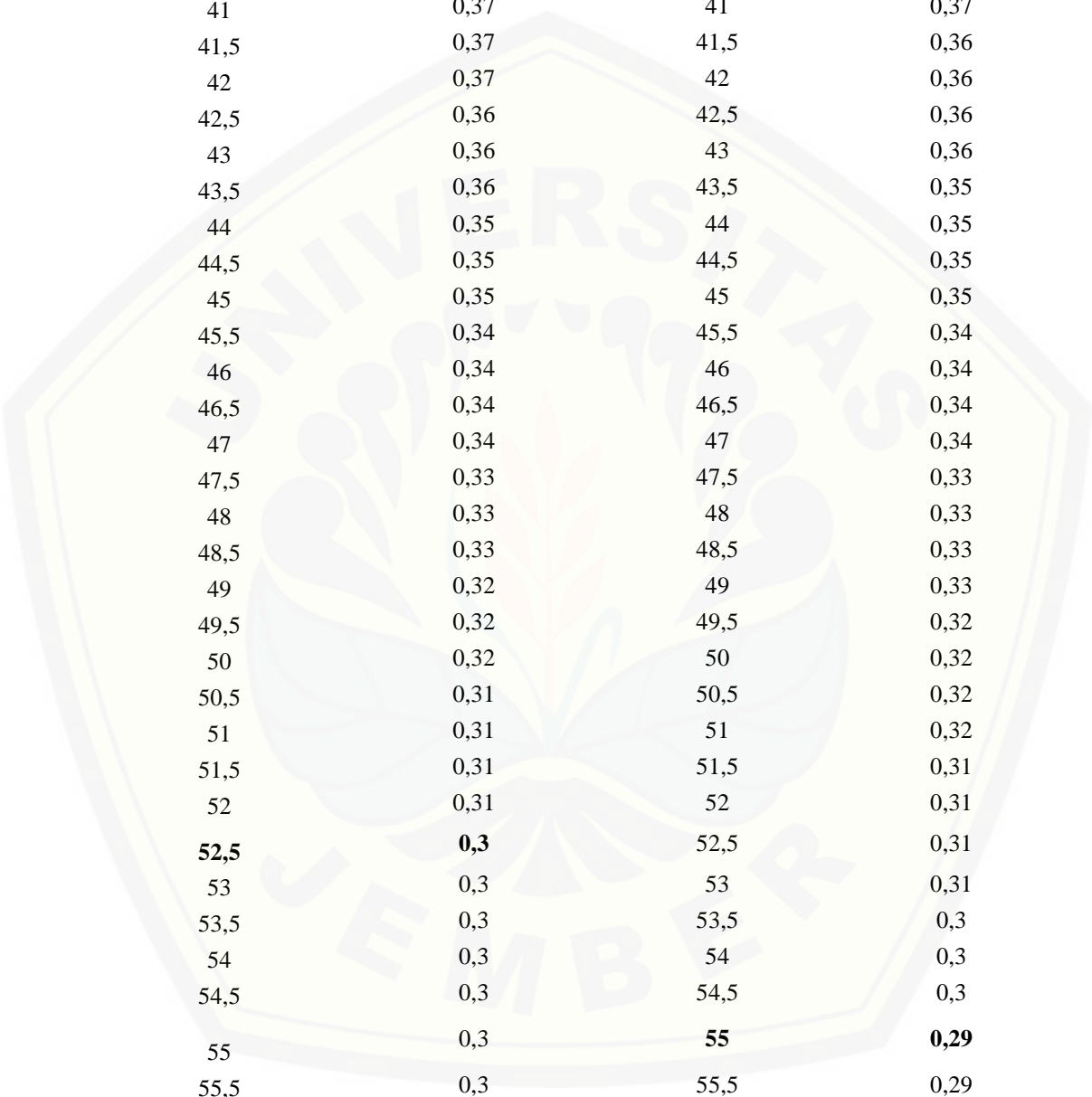
$$\begin{aligned} \text{Crl} &= \frac{\text{Luas Fraksi Kristal}}{\text{Luas Fraksi Kristal} + \text{Luas Fraksi Amorf}} \times 100 \% \\ &= \frac{262,41}{262,41 + 15,55} \times 100 \% = 94,41 \% \end{aligned}$$

B.4 Hasil Karakterisasi Titrasi Konduktometri**B.4.1. Data Hasil Titrasi Konduktometri pada Selulosa Setelah Hidrolisis (StH)****B.4.1.1 Data Hasil**

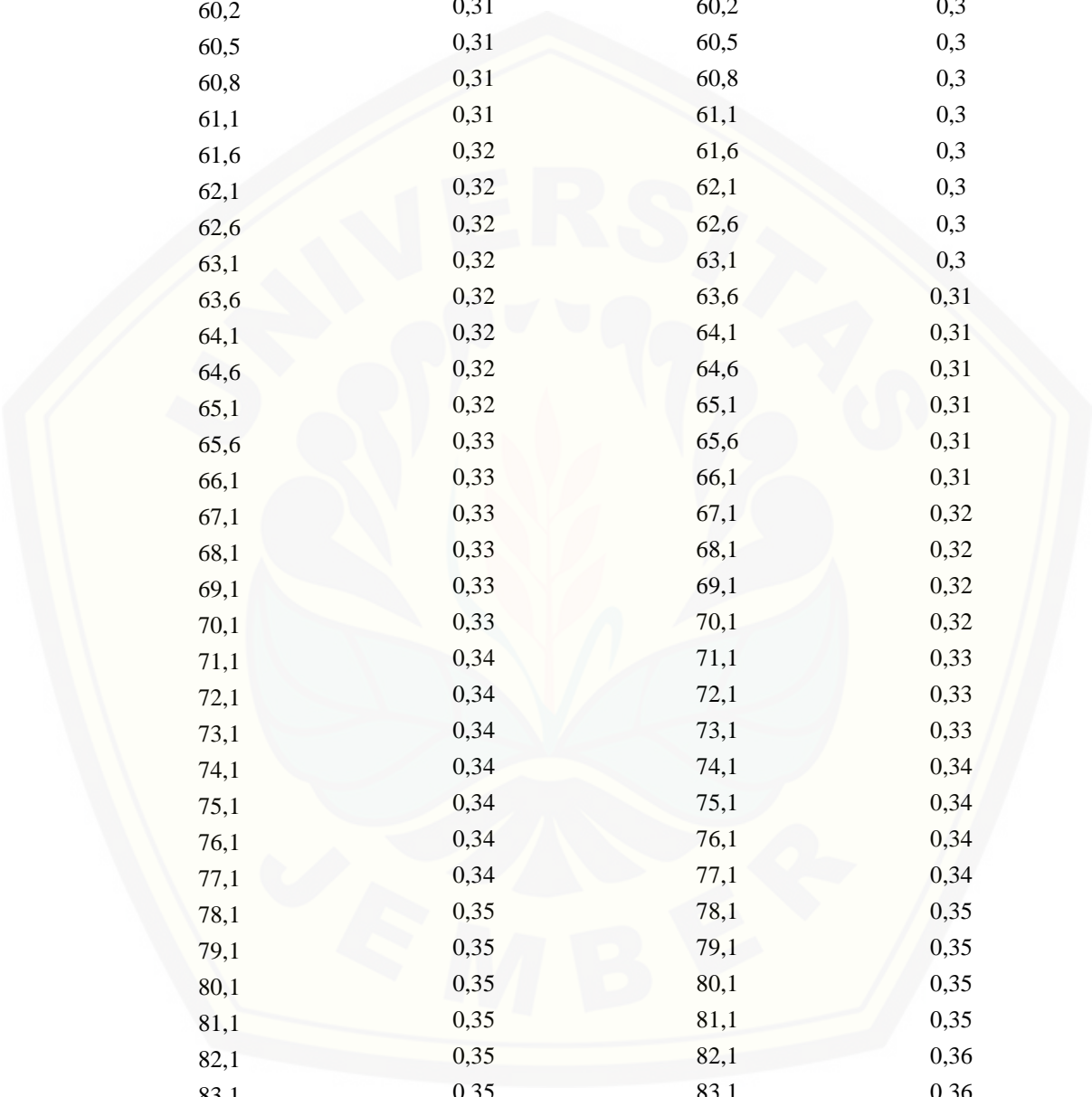
PENGULANGAN 1		PENGULANGAN 2	
Volume NaOH (mL)	Konduktivitas (mS/cm)	Volume NaOH (mL)	Konduktivitas (mS/cm)
0	0,64	0	0,64
0,5	0,64	0,5	0,64
1	0,64	1	0,64
1,5	0,63	1,5	0,63
2	0,63	2	0,63
2,5	0,62	2,5	0,63
3	0,62	3	0,62
3,5	0,62	3,5	0,62
4	0,61	4	0,61
4,5	0,61	4,5	0,61
5	0,61	5	0,61
5,5	0,6	5,5	0,6
6	0,6	6	0,6
6,5	0,59	6,5	0,6
7	0,59	7	0,59
7,5	0,59	7,5	0,59
8	0,58	8	0,58
8,5	0,58	8,5	0,58
9	0,58	9	0,58
9,5	0,57	9,5	0,57
10	0,57	10	0,57
10,5	0,57	10,5	0,57
11	0,57	11	0,56
11,5	0,56	11,5	0,56
12	0,56	12	0,56
12,5	0,55	12,5	0,55
13	0,55	13	0,55
13,5	0,55	13,5	0,55
14	0,54	14	0,54
14,5	0,54	14,5	0,54
15	0,54	15	0,53
15,5	0,53	15,5	0,53
16	0,53	16	0,52
16,5	0,53	16,5	0,52
17	0,52	17	0,52



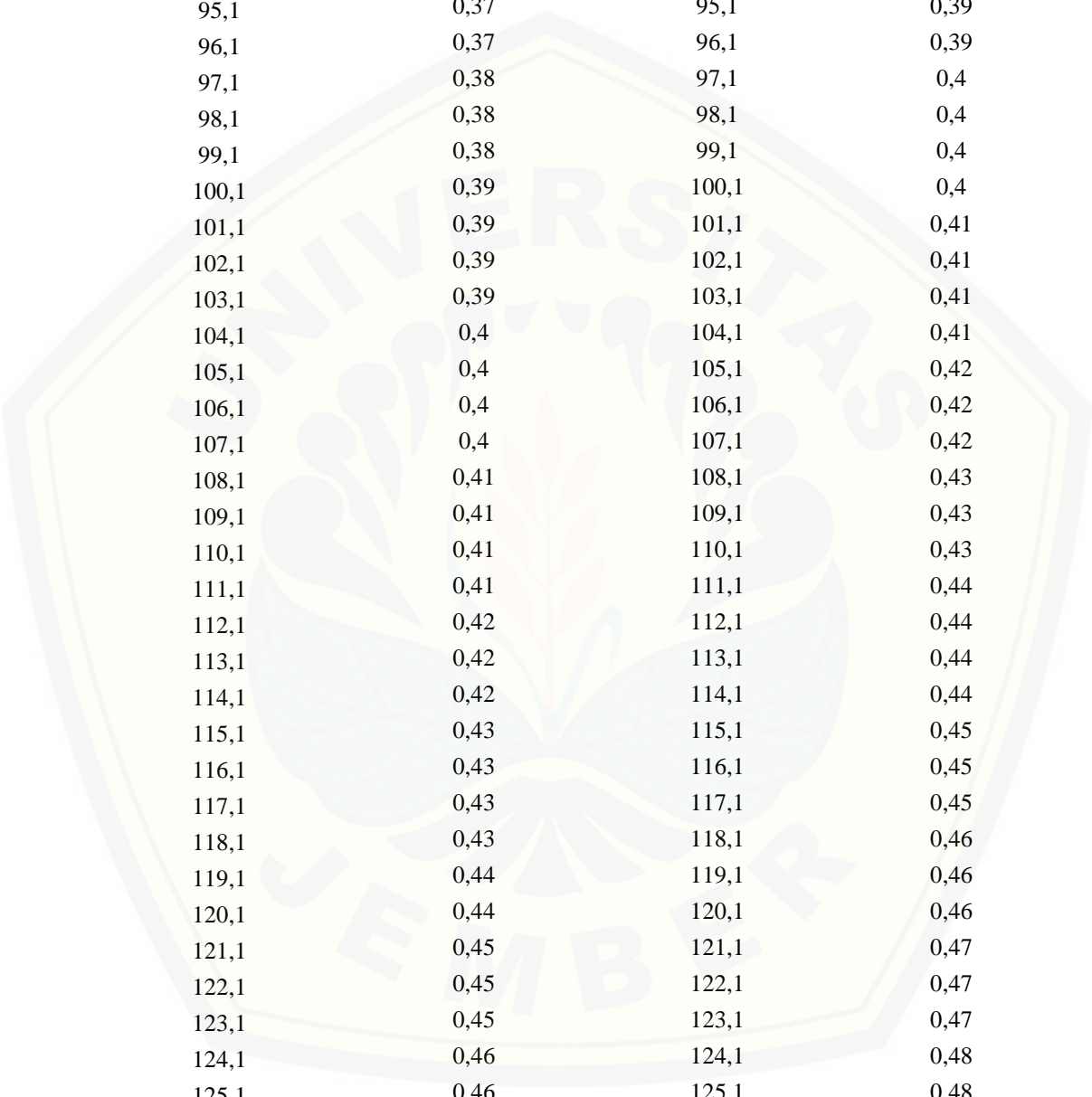
17,5	0,52	17,5	0,51
18	0,52	18	0,51
18,5	0,51	18,5	0,51
19	0,51	19	0,5
19,5	0,51	19,5	0,5
20	0,5	20	0,5
20,5	0,5	20,5	0,49
21	0,5	21	0,49
21,5	0,49	21,5	0,49
22	0,49	22	0,48
22,5	0,49	22,5	0,48
23	0,48	23	0,48
23,5	0,48	23,5	0,47
24	0,48	24	0,47
24,5	0,47	24,5	0,47
25	0,47	25	0,46
25,5	0,47	25,5	0,46
26	0,46	26	0,46
26,5	0,46	26,5	0,45
27	0,46	27	0,45
27,5	0,45	27,5	0,45
28	0,45	28	0,44
28,5	0,45	28,5	0,44
29	0,44	29	0,44
29,5	0,44	29,5	0,43
30	0,44	30	0,43
30,5	0,43	30,5	0,43
31	0,43	31	0,42
31,5	0,43	31,5	0,42
32	0,42	32	0,42
32,5	0,42	32,5	0,41
33	0,42	33	0,41
33,5	0,41	33,5	0,41
34	0,41	34	0,4
34,5	0,41	34,5	0,4
35	0,4	35	0,4
35,5	0,4	35,5	0,39
36	0,4	36	0,39
36,5	0,39	36,5	0,39
37	0,39	37	0,39
37,5	0,39	37,5	0,38
38	0,39	38	0,38



38,5	0,38	38,5	0,38
39	0,38	39	0,38
39,5	0,38	39,5	0,37
40	0,38	40	0,37
40,5	0,37	40,5	0,37
41	0,37	41	0,37
41,5	0,37	41,5	0,36
42	0,37	42	0,36
42,5	0,36	42,5	0,36
43	0,36	43	0,36
43,5	0,36	43,5	0,35
44	0,35	44	0,35
44,5	0,35	44,5	0,35
45	0,35	45	0,35
45,5	0,34	45,5	0,34
46	0,34	46	0,34
46,5	0,34	46,5	0,34
47	0,34	47	0,34
47,5	0,33	47,5	0,33
48	0,33	48	0,33
48,5	0,33	48,5	0,33
49	0,32	49	0,33
49,5	0,32	49,5	0,32
50	0,32	50	0,32
50,5	0,31	50,5	0,32
51	0,31	51	0,32
51,5	0,31	51,5	0,31
52	0,31	52	0,31
52,5	0,3	52,5	0,31
53	0,3	53	0,31
53,5	0,3	53,5	0,3
54	0,3	54	0,3
54,5	0,3	54,5	0,3
55	0,3	55	0,29
55,5	0,3	55,5	0,29
56	0,3	56	0,29
56,5	0,3	56,5	0,29
57	0,3	57	0,29
57,5	0,3	57,5	0,29
57,8	0,3	57,8	0,29
58,1	0,3	58,1	0,29
58,4	0,31	58,4	0,29



58,7	0,31	58,7	0,29
59	0,31	59	0,29
59,3	0,31	59,3	0,29
59,6	0,31	59,6	0,29
59,9	0,31	59,9	0,29
60,2	0,31	60,2	0,3
60,5	0,31	60,5	0,3
60,8	0,31	60,8	0,3
61,1	0,31	61,1	0,3
61,6	0,32	61,6	0,3
62,1	0,32	62,1	0,3
62,6	0,32	62,6	0,3
63,1	0,32	63,1	0,3
63,6	0,32	63,6	0,31
64,1	0,32	64,1	0,31
64,6	0,32	64,6	0,31
65,1	0,32	65,1	0,31
65,6	0,33	65,6	0,31
66,1	0,33	66,1	0,31
67,1	0,33	67,1	0,32
68,1	0,33	68,1	0,32
69,1	0,33	69,1	0,32
70,1	0,33	70,1	0,32
71,1	0,34	71,1	0,33
72,1	0,34	72,1	0,33
73,1	0,34	73,1	0,33
74,1	0,34	74,1	0,34
75,1	0,34	75,1	0,34
76,1	0,34	76,1	0,34
77,1	0,34	77,1	0,34
78,1	0,35	78,1	0,35
79,1	0,35	79,1	0,35
80,1	0,35	80,1	0,35
81,1	0,35	81,1	0,35
82,1	0,35	82,1	0,36
83,1	0,35	83,1	0,36
84,1	0,36	84,1	0,36
85,1	0,36	85,1	0,36
86,1	0,36	86,1	0,37
87,1	0,36	87,1	0,37
88,1	0,36	88,1	0,37
89,1	0,36	89,1	0,38



90,1	0,37	90,1	0,38
91,1	0,37	91,1	0,38
92,1	0,37	92,1	0,38
93,1	0,37	93,1	0,39
94,1	0,37	94,1	0,39
95,1	0,37	95,1	0,39
96,1	0,37	96,1	0,39
97,1	0,38	97,1	0,4
98,1	0,38	98,1	0,4
99,1	0,38	99,1	0,4
100,1	0,39	100,1	0,4
101,1	0,39	101,1	0,41
102,1	0,39	102,1	0,41
103,1	0,39	103,1	0,41
104,1	0,4	104,1	0,41
105,1	0,4	105,1	0,42
106,1	0,4	106,1	0,42
107,1	0,4	107,1	0,42
108,1	0,41	108,1	0,43
109,1	0,41	109,1	0,43
110,1	0,41	110,1	0,43
111,1	0,41	111,1	0,44
112,1	0,42	112,1	0,44
113,1	0,42	113,1	0,44
114,1	0,42	114,1	0,44
115,1	0,43	115,1	0,45
116,1	0,43	116,1	0,45
117,1	0,43	117,1	0,45
118,1	0,43	118,1	0,46
119,1	0,44	119,1	0,46
120,1	0,44	120,1	0,46
121,1	0,45	121,1	0,47
122,1	0,45	122,1	0,47
123,1	0,45	123,1	0,47
124,1	0,46	124,1	0,48
125,1	0,46	125,1	0,48
126,1	0,46	126,1	0,48
127,1	0,47	127,1	0,49
128,1	0,47	128,1	0,49
129,1	0,47	129,1	0,49
130,1	0,48	130,1	0,5
131,1	0,48	131,1	0,5

132,1	0,48	132,1	0,5
133,1	0,48	133,1	0,51
134,1	0,49	134,1	0,51
135,1	0,49	135,1	0,51
136,1	0,5	136,1	0,52
137,1	0,5	137,1	0,52
138,1	0,5	138,1	0,52
139,1	0,51	139,1	0,53
140,1	0,51	140,1	0,53
141,1	0,51	141,1	0,53
142,1	0,52	142,1	0,54
143,1	0,52	143,1	0,54
144,1	0,52	144,1	0,54
145,1	0,53	145,1	0,55
146,1	0,53	146,1	0,55
147,1	0,53	147,1	0,55
148,1	0,54	148,1	0,56
149,1	0,54	149,1	0,56
150,1	0,54	150,1	0,56
151,1	0,55	151,1	0,57
152,1	0,55	152,1	0,57
153,1	0,55	153,1	0,57
154,1	0,56	154,1	0,58
155,1	0,56	155,1	0,58
156,1	0,56	156,1	0,58
157,1	0,57	157,1	0,59
158,1	0,57	158,1	0,59
159,1	0,58	159,1	0,59
160,1	0,58	160,1	0,6
161,1	0,59	161,1	0,6
162,1	0,59	162,1	0,61
163,1	0,59	163,1	0,61
164,1	0,59	164,1	0,62

B.4.1.2 Pengolahan Data

Banyaknya gugus sulfat yang tersubstitusi pada StH dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$- \text{OSO}_3^- (\text{mmol/Kg}) = \frac{C \cdot x (V_1 - V_0)}{m}$$

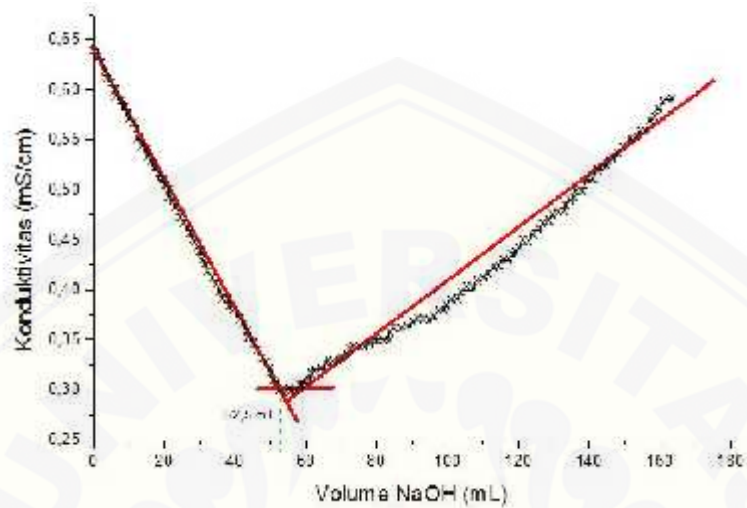
dimana: C = Konsentrasi NaOH (mM)

V_1 = Volume NaOH persimpangan pertama (L)

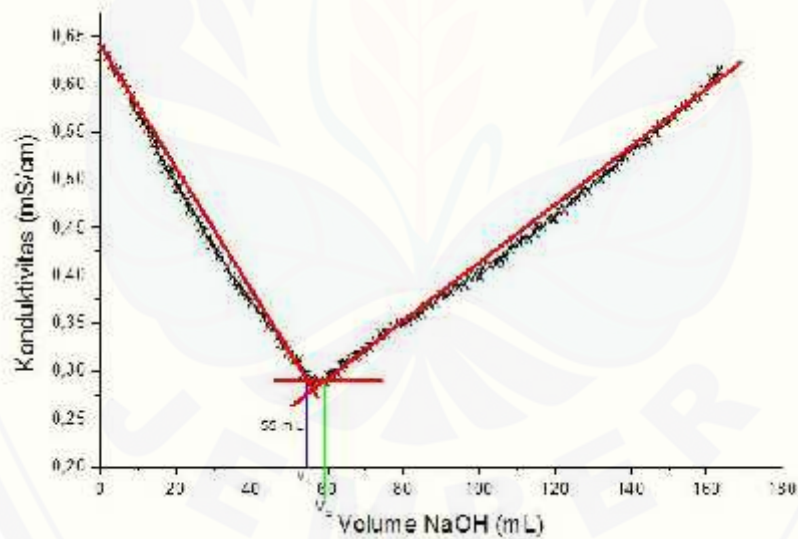
V_0 = Volume NaOH teoritis (L)

m = massa selulosa setelah hidrolisis (StH) (Kg)

- Pengulangan 1



- Pengulangan 2



$C = 0,01 \text{ M} = 10 \text{ mM}$

$m = 1 \text{ g} = 0,001 \text{ Kg}$

V_0 merupakan volume NaOH teoritis yang diperoleh dari:

$n \text{ HCl} = n \text{ NaOH}$

$M \text{ HCl} \times V \text{ HCl} = M \text{ NaOH} \times V \text{ NaOH}$

$0,05 \text{ M} \times 5 \text{ mL} = 0,01 \text{ M} \times V \text{ NaOH}$

$$V \text{ NaOH} = 25 \text{ mL} \rightarrow V_0 = 0,025 \text{ L}$$

Pengulangan 1:

$$V_1 = 52,5 \text{ mL} = 0,0525 \text{ L} = 0,052 \text{ L}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, } -\text{OSO}_3^-(m /K) &= \frac{C (V_1 - V_0)}{m} \\ &= \frac{1 \frac{m}{L} \times (0,052 - 0,025) \text{ L}}{0,025 \text{ K}} \\ &= 270 \text{ mmol/Kg} \end{aligned}$$

Pengulangan 2:

$$V_1 = 55 \text{ mL} = 0,055 \text{ L}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, } -\text{OSO}_3^-(m /K) &= \frac{C (V_1 - V_0)}{m} \\ &= \frac{1 \frac{m}{L} \times (0,055 - 0,025) \text{ L}}{0,025 \text{ K}} \\ &= 300 \text{ mmol/Kg} \end{aligned}$$

$$-\text{OSO}_3^-(m /K) \text{ rata-rata} = \frac{(270 + 300) m}{2} /K = 285 \text{ mmol/Kg}$$

B.4.2 Data Hasil Titration Konduktometri pada Selulosa Sebelum Hidrolisis (SbH)

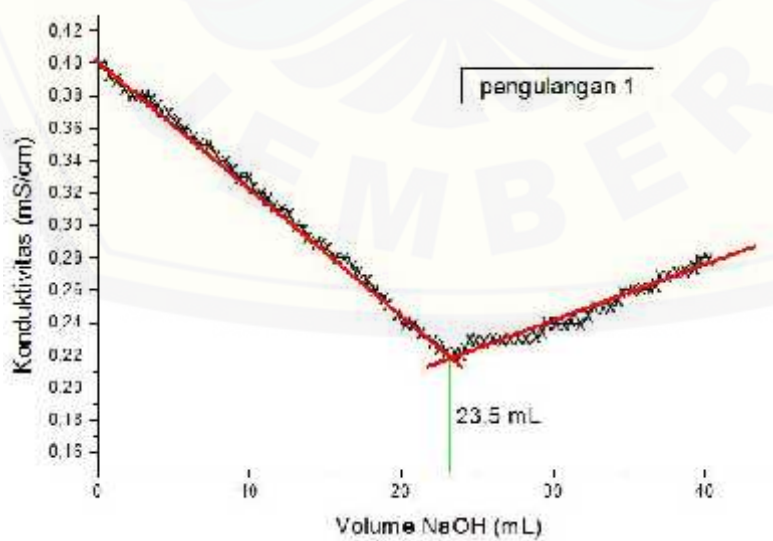
B.4.2.1 Data Hasil

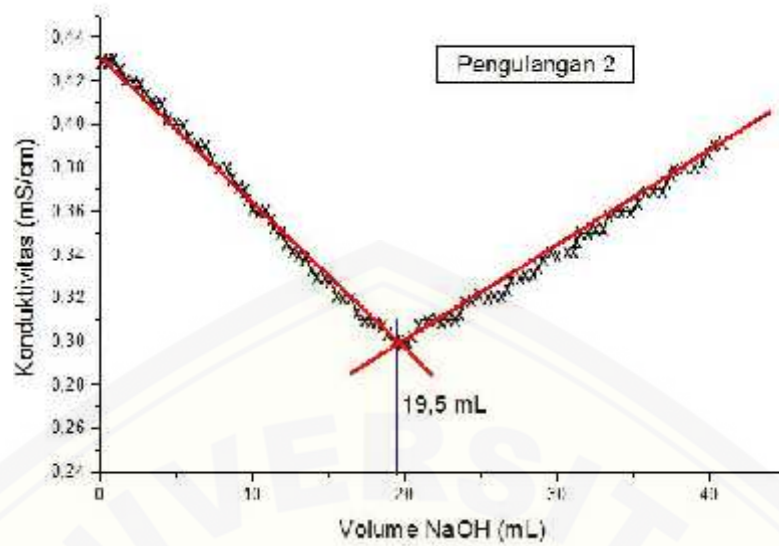
Pengulangan 1		Pengulangan 2	
V NaOH (mL)	Konduktivitas (mS/cm)	V NaOH (mL)	Konduktivitas mS/cm
0	0,4	0	0,43
0,5	0,4	0,5	0,43
1	0,39	1	0,43
1,5	0,39	1,5	0,42
2	0,38	2	0,42
2,5	0,38	2,5	0,42
3	0,38	3	0,41
3,5	0,38	3,5	0,41
4	0,37	4	0,41
4,5	0,37	4,5	0,4
5	0,37	5	0,4
5,5	0,36	5,5	0,4
6	0,36	6	0,39
6,5	0,35	6,5	0,39
7	0,35	7	0,39
7,5	0,35	7,5	0,38

8	0,34	8	0,38
8,5	0,34	8,5	0,38
9	0,33	9	0,37
9,5	0,33	9,5	0,37
10	0,33	10	0,36
10,5	0,32	10,5	0,36
11	0,32	11	0,36
11,5	0,31	11,5	0,35
12	0,31	12	0,35
12,5	0,31	12,5	0,34
13	0,3	13	0,34
13,5	0,3	13,5	0,34
14	0,29	14	0,33
14,5	0,29	14,5	0,33
15	0,29	15	0,33
15,5	0,28	15,5	0,32
16	0,28	16	0,32
16,5	0,28	16,5	0,32
17	0,27	17	0,31
17,5	0,27	17,5	0,31
18	0,26	18	0,31
18,5	0,26	18,5	0,31
19	0,25	19	0,3
19,5	0,25	19,5	0,3
20	0,24	20	0,3
20,5	0,24	20,5	0,3
21	0,24	21	0,31
21,5	0,23	21,5	0,31
22	0,23	22	0,31
22,5	0,23	22,5	0,31
23	0,22	23	0,31
23,5	0,22	23,5	0,31
24	0,22	24	0,32
24,5	0,23	24,5	0,32
25	0,23	25	0,32
25,5	0,23	25,5	0,32
26	0,23	26	0,32
26,5	0,23	26,5	0,32
27	0,23	27	0,33
27,5	0,23	27,5	0,33
28	0,23	28	0,33
28,5	0,23	28,5	0,33

29	0,23	29	0,34
29,5	0,24	29,5	0,34
30	0,24	30	0,34
30,5	0,24	30,5	0,34
31	0,24	31	0,34
31,5	0,24	31,5	0,35
32	0,24	32	0,35
32,5	0,25	32,5	0,35
33	0,25	33	0,35
33,5	0,25	33,5	0,36
34	0,25	34	0,36
34,5	0,26	34,5	0,36
35	0,26	35	0,36
35,5	0,26	35,5	0,37
36	0,26	36	0,37
36,5	0,26	36,5	0,37
37	0,27	37	0,37
37,5	0,27	37,5	0,38
38	0,27	38	0,38
38,5	0,27	38,5	0,38
39	0,27	39	0,38
39,5	0,28	39,5	0,38
40	0,28	40	0,39
40,5	0,28	40,5	0,39

B.4.2.2 Kurva Hasil Titrasi Konduktometri SbH





LAMPIRAN C. ADSORPSI BSA PADA SELULOSA HASIL HIDROLISIS

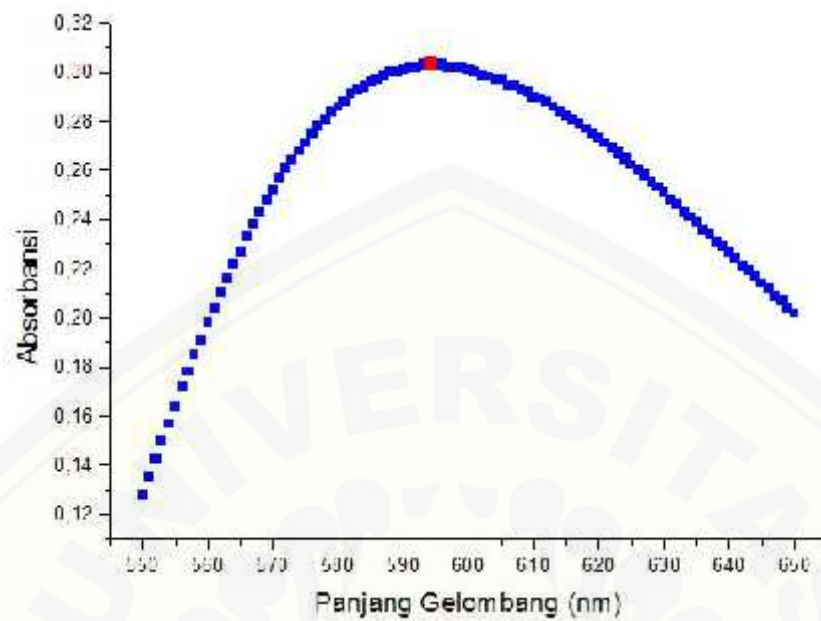
C.1 Hasil Scanning Panjang Gelombang Maksimum (maks)

C.1.1 Data Hasil Scanning maks

Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi		
		629	0,253
		628	0,255
650	0,202	627	0,258
649	0,204	626	0,26
648	0,207	625	0,262
647	0,209	624	0,265
646	0,212	623	0,267
645	0,214	622	0,269
644	0,217	621	0,271
643	0,219	620	0,273
642	0,221	619	0,275
641	0,224	618	0,277
640	0,227	617	0,279
639	0,229	616	0,281
638	0,231	615	0,282
637	0,234	614	0,284
636	0,236	613	0,286
635	0,239	612	0,288
634	0,241	611	0,289
633	0,243	610	0,29
632	0,246	609	0,292
631	0,248	608	0,293
630	0,251	607	0,295

606	0,295	577	0,278
605	0,297	576	0,275
604	0,297	575	0,271
603	0,298	574	0,268
602	0,299	573	0,264
601	0,3	572	0,261
600	0,301	571	0,257
599	0,302	570	0,252
598	0,302	569	0,248
597	0,302	568	0,243
596	0,303	567	0,238
595	0,303	566	0,233
594	0,304	565	0,227
593	0,303	564	0,222
592	0,302	563	0,216
591	0,302	562	0,21
590	0,301	561	0,204
589	0,3	560	0,198
588	0,3	559	0,191
587	0,299	558	0,185
586	0,297	557	0,178
585	0,296	556	0,172
584	0,294	555	0,164
583	0,293	554	0,157
582	0,291	553	0,15
581	0,288	552	0,143
580	0,286	551	0,135
579	0,284	550	0,128
578	0,281		

C.1.2 Kurva Penentuan Panjang Gelombang

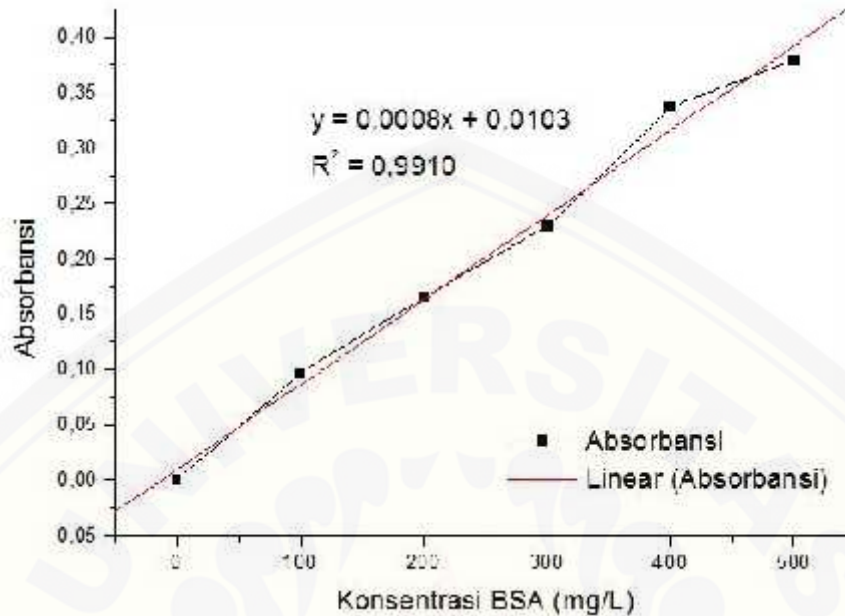


C.2 Pembuatan Kurva Standar

C.2.1 Data Absorbansi Larutan Standar BSA

Konsentrasi BSA (mg/L)	Absorbansi
0	0,001
100	0,097
200	0,165
300	0,229
400	0,337
500	0,379

C.2.2 Kurva Standar BSA



C.3 Pengaruh Variasi pH Terhadap Adsorpsi BSA

C.3.1 Adsorpsi BSA pada Selulosa Setelah Adsorpsi (StH)

C.3.1.1 Data Hasil Pengukuran Absorbansi BSA

Variasi pH	Pengulangan	Absorbansi	
		Sebelum	Sesudah
3	1	0,274	0,247
	2	0,271	0,250
4	1	0,256	0,208
	2	0,260	0,205
5	1	0,267	0,240
	2	0,264	0,240
6	1	0,269	0,249
	2	0,265	0,247

C.3.1.2 Hasil Perhitungan

Variasi pH	Ulangan	Konsentrasi (mg/L)		% Adsorpsi		q (mg/g)	$\bar{q} \pm SD$ (mg/g)
		C_0 (mg/L)	C_e (mg/L)	% adsorpsi	Rata-rata (%)		
pH 3	1	329,625	295,875	10,24	9,14	16,875	15± 0,000
	2	325,875	299,625	8,055		13,125	
pH 4	1	307,125	247,125	20	21	30	32±0,375
	2	312,125	243,375	22,02		34,375	

pH 5	1	320,875	287,125	10,52	10,0	16,875	16±0,125
	2	317,125	287,125	9,4		15	
pH 6	1	323,375	298,375	7,7	7,4	12,5	11,8±0,15
	2	318,375	295,875	7,06		11,25	

C.3.2 Adsorpsi BSA pada Selulosa Sebelum Hidrolisis (SbH)

C.3.2.1 Data Hasil Pengukuran Absorbansi BSA

Variasi pH	Pengulangan	Absorbansi	
		Sebelum	Sesudah
3	1	0,240	0,227
	2	0,267	0,249
4	1	0,247	0,232
	2	0,248	0,230
5	1	0,278	0,263
	2	0,273	0,261
6	1	0,268	0,266
	2	0,246	0,245

C.3.2.2 Hasil Perhitungan

Variasi pH	ulangan	Konsentrasi (mg/L)		% Adsorpsi		q (mg/g)	$\bar{q} \pm SD$ (mg/g)
		C ₀ (mg/L)	C _e (mg/L)	% adsorpsi	Rata-rata (%)		
pH 3	1	287,125	270,875	5,659	6,686	8,125	10,25±0,005
	2	320,875	296,125	7,713		12,38	
pH 4	1	295,875	277,125	6,337	6,954	9,375	10,31± 0,005
	2	297,125	274,625	7,572		11,25	
pH 5	1	334,625	315,875	5,603	5,086	9,375	8,4 ± 0,075
	2	328,375	313,375	4,568		7,5	
pH 6	1	322,125	319,625	0,776	0,6	1,25	0,94±0,005
	2	294,625	293,375	0,424		0,625	

C.4 Pengaruh Variasi Kekuatan Ionik Terhadap Adsorpsi BSA

C.4.1 Adsorpsi BSA pada Selulosa Setelah Adsorpsi (StH)

C.4.1.1 Data Hasil Absorbansi BSA

[NaCl] (M)	Pengulangan	Absorbansi	
		Sebelum	Sesudah
0,02	1	0,244	0,224
	2	0,253	0,201
0,04	1	0,250	0,218
	2	0,257	0,227
0,06	1	0,249	0,217
	2	0,243	0,215
0,08	1	0,254	0,228

0,10	2	0,253	0,221
	1	0,239	0,215
	2	0,243	0,225

C.4.1.2 Hasil Perhitungan

[NaCl] (M)	ulangan	Konsentrasi (mg/L)		% adsorpsi	% rata2	q (mg/g)	$\bar{q} \pm SD$ (mg/g)
		C ₀ (mg/L)	C _e (mg/L)				
0,02	1	292,125	267,125	8,6	14,8	12,5	22,5±0,00
	2	303,375	238,375	21		32,5	
0,04	1	299,625	259,625	13	12,6	20	19,38±0,01
	2	308,375	270,875	12,2		18,75	
0,06	1	298,375	258,375	13	12,5	20	18,75±0,1
	2	290,875	255,875	12		17,5	
0,08	1	304,625	272,125	10,6	11,8	16,25	18,12±0,01
	2	303,375	263,375	13		20	
0,10	1	285,875	255,875	9,8	8,8	15	13,12±0,01
	2	290,875	268,375	7,74		11,25	

C.4.2 Adsorpsi BSA pada Selulosa Sebelum Adsorpsi (SbH)

C.4.2.1 Data Hasil Pengukuran Absorbansi

[NaCl] (M)	Pengulangan	Absorbansi	
		Sebelum	Sesudah
0,02	1	0,242	0,232
	2	0,240	0,163
0,04	1	0,246	0,210
	2	0,271	0,253
0,06	1	0,251	0,235
	2	0,278	0,242
0,08	1	0,270	0,231
	2	0,260	0,256
0,10	1	0,252	0,234
	2	0,258	0,238

C.4.2.2 Hasil Perhitungan

[NaCl] (M)	ulangan	Konsentrasi (mg/L)		% adsorpsi	% rata2	q (mg/g)	$\bar{q} \pm SD$ (mg/g)
		C ₀ (mg/L)	C _e (mg/L)				
0,02	1	289,625	277,125	4,32	18,92	6,25	27,18 ± 0,01
	2	287,125	190,875	33,52		48,125	
0,04	1	294,625	249,625	15	10,95	22,5	16,8 ± 0,1
	2	325,875	303,375	6,90		11,25	
0,06	1	300,875	280,875	6,6	9,8	10	16,25 ± 0,5
	2	334,625	289,625	13		22,5	
0,08	1	324,625	275,875	15,02	8,51	24,375	13,4 ± 0,075

	2	312,125	307,125	2		2,5	
0,10	1	302,125	279,625	7,44	7,7	11,25	11,8 ± 0,15
	2	309,625	284,625	8,0		12,5	

