



**ADSORPSI PROTEIN OLEH NANOSELULOSA BERBASIS
AMPAS TEBU (*BAGASSE*) DENGAN METODE HIDROLISIS
ASAM**

SKRIPSI

Oleh

AYU FAZRIYAH RAHMI

NIM 121810301045

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

2017



**ADSORPSI BOVINE SERUM ALBUMIN (BSA) OLEH
SELULOSA TERHIDROLISIS BERBASIS AMPAS TEBU
(*BAGASSE*)**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat

untuk menyelesaikan Program Studi Kimia (S1)

dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

Ayu Fazriyah Rahmi

NIM 121810301045

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2017

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Ibunda Maimunah, Ayahanda Moch. Afif dan kakak Fitriya Ermayani serta Diah Muslikha tercinta atas doa, dukungan dan motivasi yang diberikan selama ini.
2. Segenap keluarga di Sidoarjo, atas dukungan dan motivasi yang diberikan selama ini.
3. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi atas limpahan ilmu, dukungan serta doanya selama ini.
4. Almamater Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTO

Siapapun yang menempuh suatu jalan untuk mendapatkan ilmu, maka Allah akan memberikan kemudahan jalannya menuju surga

(Hadist Riwayat Muslim) *)

“Yakinlah bahwa ketika kita menggantungkan harapan kita kepada Allah, maka Allah tidak akan mengecewakan Hamba-Nya” **)

*) Rifai Rif'an, Ahmad. 2014. *Allah, Cukuplah Engkau sebagai Penolong*. Jakarta: Mizan.

***) Al-Albani Nashiruddin. 2016. *Mukhtasar Shahih Muslim: Hadist Kitab Shahih Muslim*. Jakarta: Shahih.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ayu Fazriyah Rahmi

NIM : 121810301045

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Adsorpsi Bovine Serum Albumin (BSA) oleh Selulosa Terhidrolisis Berbasis Ampas Tebu (*Bagasse*)” 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 mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juli 2017

Yang menyatakan,

SKRIPSI

**ADSORPSI BOVINE SERUM ALBUMIN (BSA) OLEH
SELULOSA TERHIDROLISIS BERBASIS AMPAS TEBU
(*BAGASSE*)**

Oleh

Ayu Fazriyah Rahmi

NIM 121810301045

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Busroni, M.Si

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Adsorpsi Bovine Serum Albumin (BSA) oleh Selulosa Terhidrolisis Berbasis Ampas Tebu (*Bagasse*)” karya Ayu Fazriyah Rahmi telah diuji dan disahkan pada :

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua (DPU),

Sekretaris (DPA)

Dr. Busroni, M. Si

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

NIP. 195905151991031007

NIP. 197107031997021001

Penguji 1,

Penguji 2,

Ika Oktavianawati, S.Si., M.Sc

Tri Mulyono, S.Si.,M.Si

NIP. 198010012003122001

NIP. 196810021998021001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Drs. Sujito, Ph.D
NIP. 196102041987111001

RINGKASAN

Adsorpsi Bovine Serum Albumin (BSA) oleh Selulosa Terhidrolisis Berbasis Ampas Tebu (*Bagasse*); Ayu Fazriyah Rahmi, 121810301045; 2017: 52 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Bagasse memiliki kandungan selulosa yang tinggi sehingga masih dapat dimanfaatkan dalam beberapa industri. Kandungan selulosa dalam *bagasse* mencapai 30%- 50%. Selulosa, secara kimia merupakan polimer alam yang terikat dalam rantai linier dengan ikatan β -1,4 glikosida. Selulosa dalam pemanfaatannya dapat diubah menjadi ukuran yang lebih kecil, yaitu dengan cara hidrolisis. Selulosa terhidrolisis memiliki kristalinitas, kemampuan dispersi dan biodegradasi yang lebih baik serta permukaan yang lebih luas dibandingkan dengan selulosa. Berdasarkan kelebihan-kelebihan tersebut nanoselulosa telah dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi, diantaranya sebagai adsorben, bahan antigumpal, *emulsifier*, dan *dispersingagent*. Zat yang dapat diadsorpsi oleh selulosa diantaranya zat warna, logam, dan protein. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengisolasi nanoselulosa, yaitu isolasi secara mekanik, kimia dan enzimatis (biologi). Metode sintesis secara kimia dapat dilakukan dengan hidrolisis asam, seperti yang dilakukan pada penelitian ini. Hidrolisis dengan asam kuat dapat menghilangkan bagian amorf dari rantai selulosa sehingga bagian kristalinnnya dapat disintesis. Penelitian ini melakukan kajian mengenai penggunaan selulosa dan selulosa terhidrolisis sebagai adsorben Bovine Serum Albumin (BSA) dengan beberapa faktor seperti pengaruh pH dan kekuatan ion. Penelitian ini menggunakan asam sulfat dengan konsentrasi 50% dan waktu hidrolisis 90 menit.

Tahapan penelitian dibagi menjadi: (1) Isolasi selulosa dari *bagasse*, (2) hidrolisis selulosa terhidrolisis dengan metode hidrolisis asam dan sonikasi, (3) karakterisasi selulosa, dan (4) adsorpsi BSA dengan variasi pH dan kekuatan ionik.

Tahap pertama pada isolasi selulosa dari bagasse dilakukan dengan cara delignifikasi dan bleaching. Tahap kedua yaitu hidrolisis selulosa hasil isolasi dengan metode hidrolisis asam sulfat dan dilanjutkan dengan proses sonikasi. Tahap ketiga karakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui morfologi, *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk, titrasi konduktometri untuk mengetahui jumlah muatan, serta *X-ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui tingkat kristalinitas. Tahap selanjutnya yaitu adsorpsi BSA oleh selulosa dan selulosa terhidrolisis dengan variasi pH dan kekuatan ion.

Selulosa yang diperoleh dari bagasse memiliki wujud fisik berwarna lebih cerah dibandingkan bagasse, yaitu putih kekuningan dengan rendemen 43,5%. Selulosa terhidrolisis yang diperoleh memiliki rendemen 1,2%. Analisis gugus fungsi pada *bagasse*, selulosa dan selulosa terhidrolisis menggunakan FTIR menunjukkan bahwa ketiganya memiliki perbedaan struktur. Analisis menggunakan SEM menunjukkan bahwa selulosa berbentuk lebih teratur sedangkan selulosa terhidrolisis permukaannya lebih terdispersi dan halus. Analisis menggunakan XRD menunjukkan peningkatan kristalinitas pada selulosa dan selulosa terhidrolisis, yaitu dari 79,83% menjadi 85,51%. Jumlah muatan pada selulosa terhidrolisis sebesar 77,5 mmol/kg. Selulosa dan selulosa terhidrolisis digunakan sebagai adsorben BSA, dimana pada variasi pH, besarnya adsorpsi optimum pada pH 4 dan pada variasi kekuatan ionik optimum pada konsentrasi NaCl 0,02M.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Adsorpsi Bovine Serum Albumin (BSA) oleh Selulosa Terhidrolisis Berbasis Ampas Tebu (*Bagasse*)”. 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 MIPA 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 Organik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember dan Kepala Laboratorium CDAST Universitas Jember;
4. Dr. Busroni, M.Si. dan Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Anggota, Ika Oktavianawati, S.Si., M.Sc dan Tri Mulyono, S.Si., M.Si. selaku penguji I dan penguji II;
5. Asnawati, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan motivasi dalam penyelesaian studi di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
6. Dosen-dosen Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember umumnya serta Dosen-dosen Jurusan Kimia khususnya 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. Rekan proyek penelitian TIM SELULOSA yaitu Lia, Nia, Agus, Fitri, Della, Ana, dan Ardi yang selalu bekerjasama untuk terselesaikannya penelitian dengan baik;
9. Teman- teman tercinta Novin, Lia, Nia, Ines, Suwi, Wulan, Uwik, Nidya, serta teman- teman kos Diwani yang selalu memberi banyak dukungan;
10. Teman-teman Lanthanida 2012 tanpa terkecuali yang selalu memberikan semangat sehingga studi penulis terselesaikan dengan baik.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu

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

Jember, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	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 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tebu	5
2.2 Nanoselulosa	11
2.2.1 Lignin	6
2.2.2 Hemiselulosa	7
2.2.3 Selulosa	8
2.3 Albumin	11
2.4 Adsorpsi	12
2.5 Adsorpsi Protein	13
2.6 Karakterisasi	15

2.6.1 Analisis <i>Scanning Elektron Microcopy</i> (SEM)	15
2.6.2 Analisis <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	16
2.6.3 Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	17
2.6.4 Titrasi Konduktometri	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 Diagram Alir Penelitian	21
3.4 Prosedur Penelitian	22
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Hasil Selulosa dari <i>Bagasse</i>	31
4.2 Hasil Selulosa Terhidrolisis	33
4.3 Karakteristik Selulosa Sebelum dan Setelah Hidrolisis	35
4.3.1 Analisis Gugus Fungsi menggunakan FTIR	35
4.3.2 Analisis menggunakan SEM	37
4.3.3 Hasil Analisis dengan XRD	38
4.3.4 Hasil Analisis dengan Titrasi Konduktometri	40
4.4 Adsorpsi pada Selulosa Sebelum dan Setelah Hidrolisis	41
4.3.1 Adsorpsi BSA berdasarkan Variasi pH	42
4.3.2 Adsorpsi BSA berdasarkan Variasi Kekuatan Ion	43
BAB 5. PENUTUP	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	51

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Struktur Selulosa	
6	
2.2 Struktur Hemiselulosa	
8	
2.3 Penyusun Lignin	
12	
2.4 Struktur Lignin	
9	
2.5 Mekanisme hidrolisis selulosa dengan asam	
10	
2.6 Struktur umum asam amino	
13	

2.7	Ilustrasi XRD
		17
2.8	Kurva Titrasi Konduktometri
		19
3.1	Diagram Alir Penelitian
		21
3.2	Kurva Titrasi Konduktometri
		25
4.1	<i>Bagasse</i> Kering yang telah dihaluskan
		31
4.2	Mekanisme reaksi delignifikasi
		32
4.3	Gugus elektropositif pada lignin
		32
4.4	Selulosa Terhidrolisis
		34
4.5	Mekanisme sulfatasi pada selulosa
		34

4.6	FTIR <i>bagasse</i> dan selulosa sebelum hidrolisis	
	35	
4.7	FTIR selulosa sebelum dan setelah hidrolisis	
	36	
4.8	Perbedaan Spektra FTIR Selulosa sebelum dan setelah hidrolisis	
	37	
4.9	Hasil karakterisasi menggunakan SEM	
	38	
4.10	Hasil analisis XRD selulosa sebelum dan setelah hidrolisis	39
4.11	Grafik titrasi konduktometri pada selulosa terhidrolisis	41
4.12	Grafik pengaruh adsorpsi BSA pada variasi pH	42
4.13	Grafik Pengaruh adsorpsi BSA pada variasi kekuatan ionik.....	43

DAFTAR TABEL

		Halaman
4.1	Rincian perhitungan derajat kristalinitas	
	39	

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
4.1 Perhitungan Pengolahan Data	51
4.1.1 Pembuatan Larutan NaOH 17,5%	51
4.1.2 Pembuatan Larutan NaClO 0,7%	51
4.1.3 Pembuatan Larutan Na ₂ SO ₃ 5%	51
4.1.4 Pembuatan Larutan H ₂ SO ₄	51
4.1.5 Pembuatan Larutan NaOH 0,005 M	51
4.1.6 Pembuatan Larutan NaCl 0,0005 M	52
4.1.7 Pembuatan Larutan Asam Oksalat 0,025M	52
4.1.8 Pembuatan Larutan HCl 0,025M	52
4.1.9 Standarisasi Larutan NaOH 0,05M dengan H ₂ C ₂ O ₄ 0,025 M	53
4.1.10 Perolehan Rendemen (<i>yield</i>) Selulosa Hasil Isolasi dan Selulosa Terhidrolisis	53
4.1.11 Pembuatan Larutan BSA Induk 1000mg/L.....	54
4.1.12 Pembuatan Larutan Standar BSA dari Larutan Induk BSA.....	54
4.1.13 Pembuatan Larutan NaCl untuk Variasi Kekuatan Ionik.....	55
4.1.14 Pembuatan Larutan Buffer Sitrat Posfat	56
4.1.15 Hasil Scanning Panjang Gelombang BSA	57
4.2 Karakterisasi Selulosa Terhidrolisis	58
4.2.1 Titrasi Konduktometri Selulosa Terhidrolisis	58
a. Hasil Data Mentah	58
b. Perhitungan Hasil Data	60
4.2.2 Analisis XRD	61
a. Hasil Data Analisis	61
b. Perhitungan Data Analisis	62
4.2.3 Hasil Spektrum Analisis FTIR	63
a. Spektrum IR untuk Ampas Tebu	63
b. Spektrum IR untuk Selulosa Hasil Isolasi	63

c. Spektrum IR untuk Selulosa Terhidrolisis 50%	64
4.2.4 Analisis Morfologi SEM	64
4.3 Perhitungan Adsorpsi Selulosa	68
4.3.1 Hasil Pengolahan Data Adsorpsi	68
4.3.2 Perhitungan Data Hasil Adsorpsi	69

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman tebu (*Saccharum officinarum*) merupakan tanaman yang banyak tumbuh di Indonesia. Indonesia termasuk dalam sepuluh besar penghasil gula di dunia, dimana pada tahun 2012 produksi tebu di Indonesia mencapai 26.341.000 ton sehingga limbah ampas tebu yang dihasilkan sangat banyak (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2014). Ampas tebu atau yang biasa disebut dengan *bagasse*, merupakan sisa dari proses ekstraksi cairan tebu. *Bagasse* diperoleh berkisar 35-40% dari berat tebu yang digiling (Gutierrez dan Tengerdy, 1997).

Bagasse memiliki kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin yang tinggi sehingga banyak dimanfaatkan dalam beberapa industri (Gutierrez dan Tengerdy, 1997). Hasil samping dari pengolahan gula diantaranya yaitu limbah cair 52,9%, blotong 3,5%, molase 4,5%, *bagasse* 32%, gula 7,5% serta abu 0,1%. *Bagasse* sendiri mengandung senyawa yang masih dapat dimanfaatkan. Kandungan *bagasse* diantaranya selulosa 33,4%, hemiselulosa 30,%, serta lignin 18,9% (Howard *et al.*, 2013).

Selulosa merupakan komponen utama pada tanaman yang terdapat pada sepertiga hingga setengah dari jaringan tanaman. Selulosa, secara kimia merupakan polimer alam yang terikat dalam rantai linier dengan ikatan β -1,4 glikosida. Selulosa memiliki rantai yang panjang yang merupakan mikrofibril dari glukosa. Selulosa memiliki bagian kristal sebesar 50-90% dan sisanya merupakan bagian amorf (Azis *et al.*, 2002).

Selulosa dalam pemanfaatannya dapat diubah menjadi nanoselulosa, yaitu selulosa yang berukuran nano. Nanoselulosa memiliki kristalinitas, kemampuan dispersi dan biodegradasi yang lebih baik serta permukaan yang lebih luas dibandingkan dengan selulosa (Ioelovich, 2012). Berdasarkan kelebihan-kelebihan tersebut nanoselulosa telah dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi, diantaranya sebagai adsorben, bahan antigumpal, *emulsifier*, dan *dispersingagent*. Zat yang dapat diadsorpsi oleh selulosa diantaranya zat warna, logam, dan protein.

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengisolasi nanoselulosa, yaitu isolasi secara mekanik, kimia dan enzimatis (biologi). Metode mekanik dilakukan dengan cara ultrasonikasi untuk memperoleh nanoselulosa (Li *et al.*, 2012). Metode sintesis secara kimia dapat dilakukan dengan Hidrolisis. Hidrolisis selulosa yang umum digunakan adalah dengan menggunakan asam kuat, pelarut alkali, oksidasi, *organosolv*, dan cairan ionik. Hidrolisis dengan asam kuat dapat menghilangkan bagian amorf dari rantai selulosa sehingga bagian kristalinnya dapat disintesis. Kelebihan dari metode hidrolisis asam yaitu bahan yang digunakan murah dan mudah didapat dan prosesnya lebih sederhana (Oke, 2010). Penelitian yang akan dilakukan kali ini yaitu sintesis nanoselulosa secara kimia dengan metode hidrolisis dengan asam kuat. Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk mensintesis nanoselulosa dengan metode hidrolisis, diantaranya yaitu penelitian Zhou (2012), mensintesis selulosa dengan metode hidrolisis dengan asam kuat, yaitu asam sulfat 64%. Nanoselulosa yang dihasilkan dalam penelitian tersebut 115 ± 35 nm. Penelitian oleh Zhang *et al.* (2007) menggunakan metode hidrolisis asam dengan asam kuat, yaitu campuran (air deionized dengan asam klorida dan asam sulfat) pada bahan serat selulosa, dan dihasilkan nanoselulosa berukuran 60-570 nm.

Salah satu aplikasi nanoselulosa adalah sebagai adsorpsi. Penelitian oleh Liu (2015) menggunakan nanoselulosa sebagai adsorben logam Ag(I) menunjukkan hasil bahwa adsorpsi mencapai 34.4 mg/g, sedangkan pada logam Cu(II) mencapai 135 mg/g. Penelitian oleh Fritz *et al.* (2015) menggunakan nanoselulosa sebagai adsorben glycinin dan β -conglycinin menunjukkan adanya pengaruh kekuatan ionik dan pH dimana pada glycinin adsorpsi meningkat dengan meningkatnya kekuatan ion, namun pada β -conglycinin adsorpsi menurun. Pengaruh perubahan pH pada keduanya menunjukkan penurunan adsorpsi. Adsorpsi protein oleh nanoselulosa dapat dipengaruhi oleh kekuatan ionik, dimana adsorpsi meningkat dengan meningkatnya kekuatan ionik. Parameter lain yang dapat mempengaruhi adsorpsi protein adalah pH, waktu kontak, konsentrasi, dan suhu (Anirudhan dan Rejeena, 2012).

Penelitian ini akan melakukan kajian mengenai penggunaan nanoselulosa sebagai adsorpsi protein dengan beberapa faktor seperti pengaruh pH dan kekuatan

ion. Menurut penelitian yang ada sebelumnya, penelitian ini akan menggunakan asam sulfat dengan konsentrasi 50%. Isolasi nanoselulosa akan dilakukan dengan tahapan delignifikasi, isolasi selulosa dan konversi selulosa menjadi nanoselulosa. Proses hidrolisis akan menggunakan asam sulfat 50%, dengan waktu hidrolisis 90 menit. Analisis yang dilakukan terhadap nanoselulosa yang telah terbentuk diantaranya yaitu *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui morfologi, *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk, titrasi konduktometri untuk mengetahui banyak muatan, serta *X-ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui tingkat kristalinitasnya. Tahap selanjutnya yaitu adsorpsi protein oleh nanoselulosa yang terbentuk dengan variasi pH dan kekuatan ion.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan Masalah penelitian ini diantaranya :

1. Bagaimana stuktur, kristalinitas dan muatan nanoselulosa yang diperoleh dari ampas tebu (*bagasse*) ?
2. Bagaimana pengaruh pH dan kekuatan ion terhadap adsorpsi protein pada nanoselulosa dari ampas tebu (*bagasse*)?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui stuktur, kristalinitas dan muatan nanoselulosa yang diperoleh dari ampas tebu (*bagasse*)
2. Mengetahui pengaruh pH dan kekuatan ion terhadap adsorpsi protein pada nanoselulosa yang diperoleh dari ampas tebu (*bagasse*)

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. *Bagasse* yang digunakan diambil dari pabrik gula Semboro, Jember.
2. Protein yang digunakan adalah *Bovine Serum Albumin* (BSA).

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini yaitu menambah nilai guna ampas tebu (*bagasse*) yang dapat diambil kandungan selulosanya yang selanjutnya diubah menjadi nanoselulosa dan dimanfaatkan sebagai adsorben protein.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tebu

Tebu (*Saccharum officinarum*) merupakan tanaman yang digunakan sebagai bahan baku gula. Tebu merupakan tanaman yang masuk ke dalam jenis rerumputan (Anwar, 2008). Indonesia merupakan penghasil tebu cukup tinggi, namun dalam pengolahannya menjadi gula banyak dihasilkan ampas tebu, tetes tebu, dan air. Tebu yang diolah di 57 pabrik gula di Indonesia mencapai lebih dari 30 juta ton, dimana ampas yang dihasilkan mencapai lebih dari 9 juta ton (P3GI, 2007). Ampas tebu sebagian telah digunakan sebagai bahan bakar, bahan baku pembuatan kertas, dan bahan baku industri kanvas rem, namun sebagian masih belum dimanfaatkan dan hanya ditimbun sehingga tidak memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan dapat mencemari lingkungan, serta membutuhkan tempat yang luas dalam pembuangannya (Lavarack *et al.*, 2002). Bagasse tebu mengandung beberapa komponen utama, diantaranya yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Kandungan selulosa dan lignin bagasse tebu sekitar 35%-50% dan 21% (Dawson, 2008).

2.1.1 Kandungan *Bagasse* Tebu

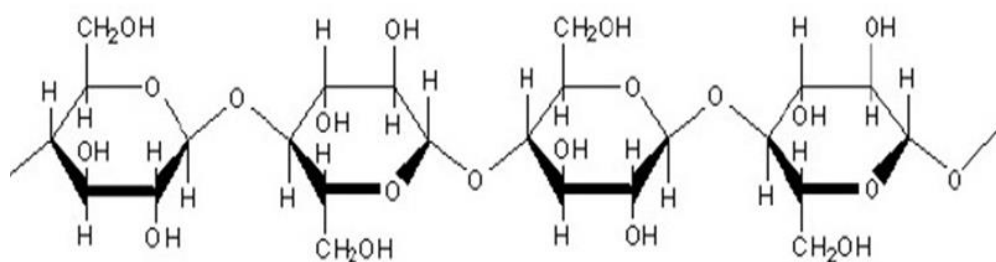
Bagasse tebu tidak dapat larut dalam air, dimana sebagian besar kandungannya yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Kusuma, 2009).

a. Selulosa

Selulosa merupakan polimer alam yang melimpah keberadaannya, yaitu mencapai 1.5×10^{12} ton dari total produksi biomassa tahunan. Selulosa merupakan senyawa polimer anhidrat yang terdiri dari 100- 1500 unit glukosa dengan ikatan β -(1-4) linear dan merupakan komponen utama semua dinding sel tumbuhan, yaitu sekitar 35-50% dari berat kering tanaman (Lynd *et al.*, 2002). Selulosa merupakan polimer glukosa dengan ikatan β -1,4 glukosida dalam rantai linear, dimana C-1 pada setiap glukosa berikatan dengan C-4 pada glukosa selanjutnya (Moon *et al.*, 2011). Rantai panjang selulosa terhubung secara bersama melalui ikatan hidrogen dan gaya van der Waals (Perez *et al.*, 2002).

Selulosa alami memiliki bentuk amorf dan kristalin, dimana sifatnya tidak larut dalam kebanyakan pelarut. Molekul-molekul selulosa seluruhnya berbentuk

linear. Ratusan atau lebih selulosa bergabung menjadi mikrofibril, dan beberapa mikrofibril membentuk serat-serat selulosa yang lebih besar, yang direkatkan oleh perekat polisakarida seperti pektin dan hemiselulosa sehingga serat menjadi keras dan kaku. Molekul-molekul selulosa memiliki kecenderungan kuat untuk membentuk ikatan-ikatan hidrogen intramolekular dan intermolekular yang menyebabkan polimer ini menjadi lebih rigid dan kuat (Goodwin dan Mercer, 1993).



Gambar 2.1 Struktur Selulosa (Lehninger, 1993)

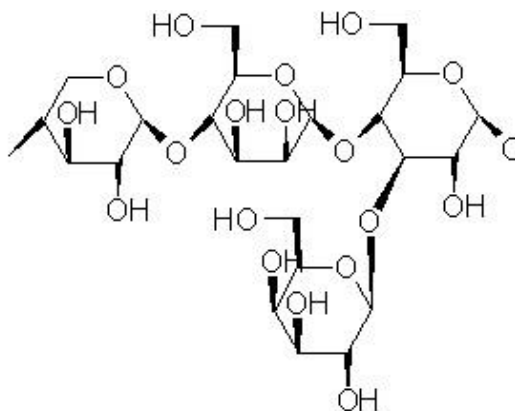
b. Hemiselulosa

Hemiselulosa termasuk dalam kelompok polisakarida heterogen dengan berat molekul yang rendah. Hemiselulosa ditemukan bersama dengan selulosa di dalam dinding sel tanaman, terutama di daerah amorf dan juga dalam lamella tengah (Soenardi, 1976). Jumlah hemiselulosa biasanya antara 15 dan 30 persen dari berat kering bahan lignoselulosa (Taherzadeh, 1999). Hemiselulosa relatif lebih mudah dihidrolisis dengan asam menjadi monomer yang mengandung glukosa, mannosa, galaktosa, xilosa dan arabinosa. Hemiselulosa mengikat lembaran serat selulosa membentuk mikrofibril yang meningkatkan stabilitas dinding sel, serta berikatan silang dengan lignin membentuk jaringan kompleks dan memberikan struktur yang kuat (Suparjo, 2010).

Hemiselulosa merupakan polisakarida yang larut dalam alkali dan menyatu dengan selulosa. Hemiselulosa terdiri atas unit D-glukosa D-galaktosa, D-manosa, D-xylosa, dan L-arabinosa yang terbentuk bersamaan dalam kombinasi dan ikatan glikosilik yang bermacam-macam (McDonald *et al.*, 2002). Berbeda dengan selulosa yang homopolisakarida, hemiselulosa merupakan heteropolisakarida yang umumnya berupa polimer gula-gula pentosa seperti D-xilosa dan L-arabinosa.

Hemiselulosa terdiri atas gula rantai pendek yang mempunyai 150-200 unit monomer. Hemiselulosa relatif mudah dioksidasi oleh asam menjadi komponen-komponen monomer (Sjostrom, 1999). Hemiselulosa merupakan polisakarida non selulosa yang pokok, terdapat dalam serat dengan berat molekul 4000–15.000 (Soenardi, 1976).

Hemiselulosa bersifat non kristalin dan tidak bersifat serat, mudah mengembang (Casey, 1960). Perbedaan hemiselulosa dengan selulosa yaitu hemiselulosa mudah larut dalam alkali tapi sukar larut dalam asam, sedang selulosa adalah sebaliknya. Hemiselulosa juga bukan merupakan serat-serat panjang seperti selulosa. Hasil hidrolisis selulosa akan menghasilkan D-glukosa, sedangkan hasil hidrolisis hemiselulosa akan menghasilkan D-xilosa dan monosakarida lainnya (Winarno, 1991).



Gambar 2.2 Struktur Hemiselulosa (Fangel dan Wagener, 1995).

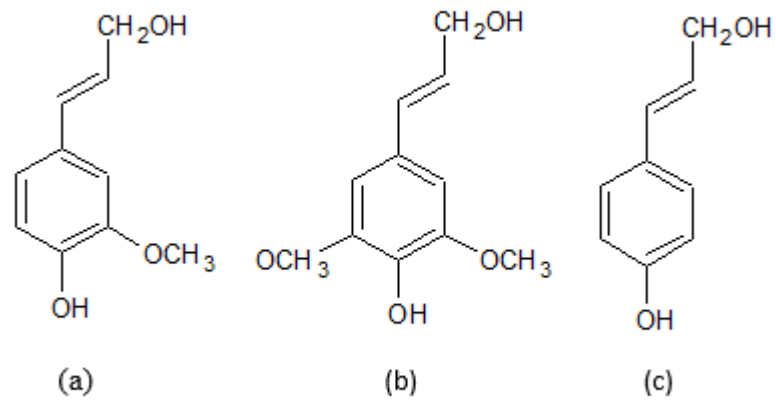
c. Lignin

Lignin merupakan salah satu komponen penyusun tanaman yang bersama dengan selulosa dan bahan-bahan serat lainnya membentuk bagian struktural dan sel tumbuhan. Kandungan lignin mencapai 17–32% pada kayu kering dan merupakan jaringan polimer fenolik tiga dimensi yang berfungsi merekatkan serat selulosa sehingga menjadi kaku (Casey, 1960). Lignin berfungsi sebagai bahan pengikat komponen penyusun lainnya. Perbedaan lignin dengan selulosa yaitu, lignin terbentuk dari gugus aromatik yang saling dihubungkan dengan rantai

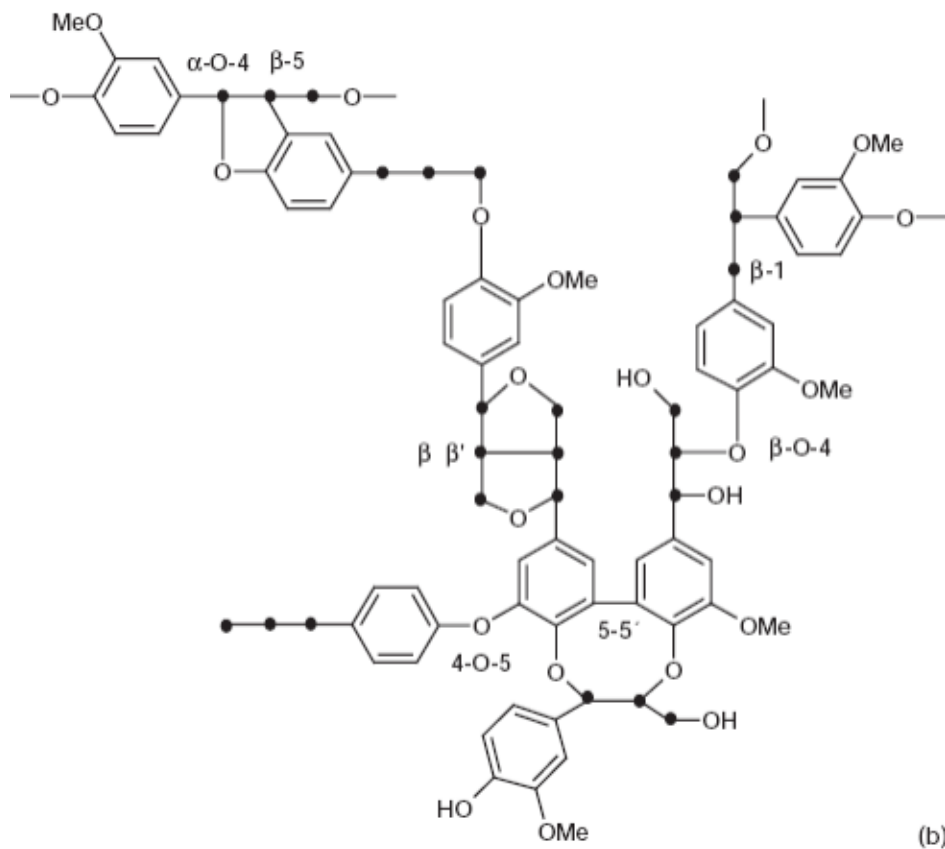
alifatik, yang terdiri dari 2-3 karbon, sedangkan selulosa utamanya terbentuk dari gugus karbohidrat (Young, 1986).

Lignin merupakan gabungan beberapa senyawa, yaitu karbon, hidrogen dan oksigen, dimana proporsi karbon pada lignin lebih tinggi dibanding senyawa karbohidrat. Lignin sangat tahan terhadap degradasi kimia, termasuk degradasi enzimatik (Tillman *et al.*, 1989). Lignin sering digolongkan sebagai karbohidrat karena hubungannya dengan selulosa dan hemiselulosa dalam menyusun dinding sel, namun lignin tidak termasuk dalam golongan karbohidrat (Suparjo *et al.*, 2008). Lignin merupakan polimer alami yang tahan terhadap degradasi, atau tidak terdegradasi dengan cepat di lingkungan. Lignin tersusun dari 3 jenis senyawa fenilpropanoid, yaitu alkohol kumaril, alkohol koniferil dan alkohol sinapil (Nugraha, 2003). Ketiganya tersusun secara acak membentuk polimer lignin yang amorf (tidak beraturan). Ketidakteraturan struktur lignin ini menyebabkan proses degradasi menjadi sangat kompleks (Arifin, 2007).

Proses pemutihan akan menghilangkan lignin tanpa mengurangi serat selulosa secara signifikan. Keberadaan lignin dalam industri kertas pada bahan baku tidak diinginkan. Lignin mempengaruhi warna pulp dan menghasilkan serat berkualitas jelek sehingga di dalam pengolahan pulp kimia lignin dibuang sebanyak mungkin (Hartoyo, 1989). Lignin sangat mudah mengalami oksidasi, bahkan dalam keadaan lemah dapat terurai menjadi asam aromatis seperti asam benzoate. Lignin diubah menjadi produk yang dapat larut air atau alkali dalam keadaan oksidasi sedang yang banyak terdapat dalam proses *bleaching* (Arioen, 2011).



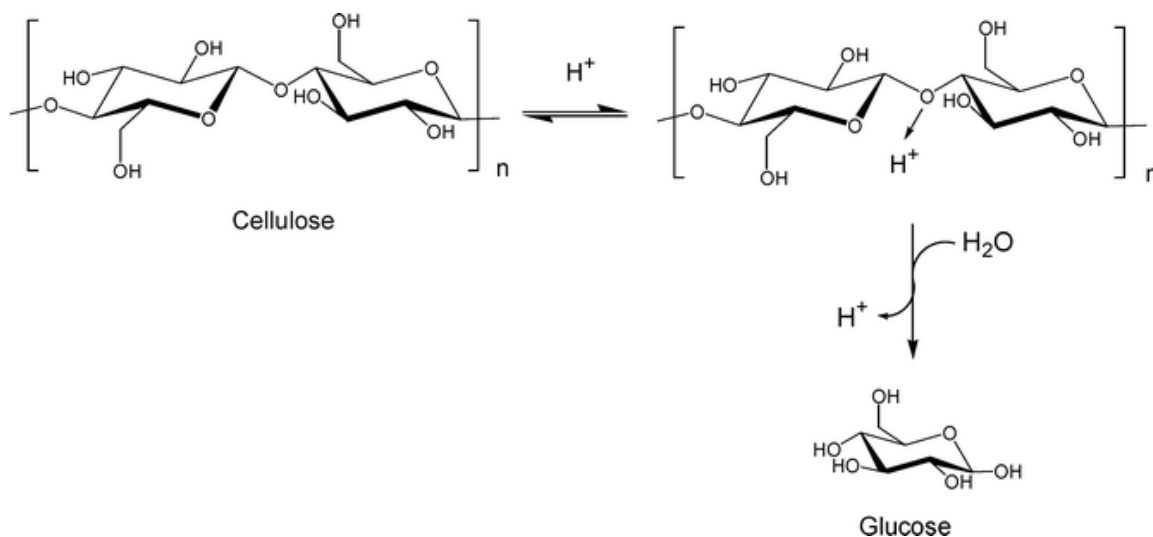
Gambar 2.3 Penyusun Lignin: (a) Koniferil Alkohol, (b) Sinapil Alkohol, (c) Para-kuramil alkohol (Nugraha, 2003)



Gambar 2.4 Struktur Lignin (Sixta, 2006).

Beberapa asam yang umum digunakan untuk hidrolisa asam antara lain adalah asam sulfat (H_2SO_4), asam perklorat, dan HCl. Asam sulfat merupakan asam yang paling banyak diteliti dan dimanfaatkan untuk hidrolisis asam. Hidrolisa asam dapat dikelompokkan menjadi: hidrolisa asam pekat dan hidrolisis asam encer (Tahezadeh dan Karimi, 2007). Selulosa terdiri dari daerah amorf dan daerah kristalin, dimana daerah amorf densitasnya lebih rendah dibandingkan daerah kristalin, sehingga ketika selulosa diberikan perlakuan dengan menggunakan asam maka daerah amorf akan putus dan melepas daerah kristalin (Peng, 2011).

Asam akan menghidrolisis selulosa menjadi glukosa secara acak, tidak ada pola tertentu dalam pemutusan ikatan glikosida yang terdapat dalam selulosa. Hidrolisis asam akan menghasilkan pemecahan ikatan glikosidik. Asam kuat yang dapat digunakan dalam pembuatan nanoselulosa yaitu asam sulfat, asam nitrat, dan asam klorida. Asam sulfat sering digunakan karena diketahui lebih efektif untuk mendegradasi serat selulosa. 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 (Oke, 2010).



Gambar 2.5 Mekanisme hidrolisis selulosa dengan asam (Jollet *et al.*, 2009)

2.2 Nanoselulosa

Nanokristal selulosa yang biasa disebut dengan nanoselulosa merupakan selulosa yang berbentuk nano. Nanopartikel distabilkan dalam suspensi melalui proses hidrolisis dengan asam. Nanokristal selulosa dapat diperoleh dari proses hidrolisis menggunakan asam dari α - selulosa. Proses isolasi nanokristal selulosa memiliki banyak peninjauan, seperti dimensi skala nanometer, tinggi kekuatan spesifik dan modulus, dan tinggi daerah permukaan (Habibi *et al.*, 2010). Nanoselulosa memiliki ukuran diameter antara 2-20 nm dengan panjang hingga mencapai ribuan nanometer (Azeredo, 2009). Selulosa dalam bentuk nanofibril memiliki peningkatan permukaan serat pada interaksi yang kuat dengan komponen yang dihasilkan seperti interaksi dengan polimer lain dan efek katalitik (Gardner *et al.*, 2008).

Partikel Nanoselulosa terdiri dari nanokristal selulosa, nanofibril selulosa, dan bakterial selulosa. Terdapat beberapa cara untuk membuat nanopartikel selulosa, antara lain homogenisasi, mikrofluidisasi, micro-grinding, *cryocrushing*, hidrolisis asam, oksidasi TEMPO ((2,2,6,6-tetramethylpiperidin-1-yl)oxydanyl), atau kombinasinya. Metode lain yang dapat dilakukan untuk memperoleh nanopartikel selulosa dengan rendemen tinggi adalah dengan prosedur mekanik. Pretreatment mekanikal, kimiawi, dan enzimatik digunakan untuk memecah serat dengan tujuan mengurangi penggunaan energi (Lee *et al.*, 2014). Isolasi nanoselulosa dimulai dengan pemutihan residu padat dengan NaOH, kemudian dicuci dengan air dan dilanjutkan dengan delignifikasi untuk menghilangkan hemiselulosa, lignin, dan pektin dengan penambahan NaOCl. Prosedur berikutnya adalah defibrilasi selulosa menjadi nanoselulosa menggunakan sonifikasi (Tsukamoto *et al.*, 2013).

2.3 Albumin

Protein merupakan sumber asam amino yang mengandung unsur C, H, O dan N yang tidak dimiliki oleh lemak dan karbohidrat. Molekul protein juga mengandung fosfor, belerang dan ada jenis protein yang mengandung unsur logam seperti besi dan tembaga. Albumin termasuk dalam protein globular yang terdapat

dalam telur, susu, plasma dan hemoglobin (Budianto, 2009). Protein albumin telah banyak dimanfaatkan di bidang kesehatan diantaranya sebagai antioksidan, senyawa proteksi hati serta berpengaruh pada proses penyembuhan luka seperti pada pasien pasca operasi bedah (Santoso, 2009). Albumin merupakan protein yang dapat larut dalam air, namun pemanasan pada suhu 50°-70°C daya kelarutannya akan menurun (Foegeding *et al.*, 1986).

Albumin merupakan protein plasma yang dengan jumlah mencapai 50- 60% dan memiliki berbagai fungsi yang penting, diantaranya yaitu dalam pembentukan jaringan sel baru, mempercepat pemulihan jaringan sel tubuh yang rusak serta memelihara keseimbangan cairan di dalam pembuluh darah (Tandra *et al.*, 1988). Albumin tersusun atas rantai tunggal polipeptida dengan berat molekul 66,4 kDa. Albumin terdiri dari 585 asam amino, dimana pada molekul albumin tersebut terdapat 17 ikatan disulfida yang menghubungkan asam-asam amino yang mengandung sulfur (Evans, 2002).

2.4 Adsorpsi

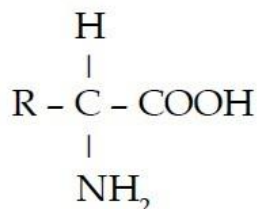
Adsorpsi merupakan suatu proses dimana molekul-molekul fluida menyentuh dan melekat pada permukaan suatu padatan dan akhirnya membentuk suatu lapisan tipis pada permukaan padatan tersebut (Nasruddin, 2005). Adsorpsi terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap ke dalam (Atkins, 1982). Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang, dimana karena adanya gaya ini, padatan cenderung menarik molekul-molekul lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas atau fasa larutan ke dalam permukaannya. Akibatnya, konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar daripada dalam fasa gas atau zat terlarut dalam larutan (Fatmawati, 2006).

Proses adsorpsi dapat terjadi secara kimia maupun fisika. Proses adsorpsi secara fisika, gaya yang mengikat adsorbat oleh adsorben adalah gaya-gaya van der Waals. Molekul terikat sangat lemah dan energi yang dilepaskan pada adsorpsi fisika relatif rendah (< 20 kJ/mol). Adsorpsi fisik umumnya terjadi pada temperatur

rendah dan dengan bertambahnya temperatur jumlah adsorpsi berkurang secara signifikan (Castellan, 1983). Proses adsorpsi secara kimia, adsorpsi memerlukan energi aktivasi dan nilai kalor adsorpsi besar mencapai 100 kJ/mol, ini dibutuhkan agar terjadi interaksi ikatan-ikatan kimia. Molekul-molekul yang teradsorpsi pada permukaan bereaksi secara kimia, sehingga terjadi pemutusan atau pembentukan ikatan. Teradsorpsinya molekul pada antar muka, menyebabkan pengurangan tegangan permukaan dan adsorpsi akan berlangsung terus sampai energi bebas permukaan mencapai minimum (Adamson, 1990). Adsorpsi tidak hanya bergantung pada perbedaan konsentrasi dan luas permukaan adsorben, melainkan juga dipengaruhi oleh temperatur, pH larutan, tekanan (untuk gas), ukuran partikel dan polaritas sorben, ukuran molekul bahan yang akan diadsorpsi serta viskositas campuran yang akan dipisahkan (Hanjono, 1995).

2.5 Adsorpsi Protein

Protein dibentuk oleh satu atau lebih rantai polipeptida asam amino. Suatu asam amino terdiri dari gugus amino, gugus karboksil, atom H dan gugus R tertentu yang semuanya terikat pada atom karbon α . Gugus R merupakan rantai samping suatu asam amino, dimana terdapat 20 jenis rantai samping yang bervariasi dalam ukuran dan bentuk. Protein mudah mengalami perubahan bentuk maupun sifat biologisnya, dikarenakan molekulnya yang sangat besar. Banyak faktor yang menyebabkan perubahan sifat alamiah protein misalnya: panas, asam, basa, pelarut organik, pH, garam, logam berat, maupun sinar radiasi radioaktif (Sudarmadji, 1989).



Gambar 2.6 Struktur umum asam amino (Lehninger, 1993).

Adsorpsi protein dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya pH, suhu, kekuatan ion, sifat-sifat pelarut, dan sifat protein terhadap permukaan, serta stabilitas protein. Ikatan hidrogen diantara peptida tidak menstabilkan struktur

protein. Proses adsorpsi protein pada suatu permukaan terjadi dalam beberapa tahap yaitu transport protein menuju permukaan, pelekatan protein pada permukaan, perubahan konformasi protein di permukaan. Perubahan konformasi selama adsorpsi dapat terjadi segera setelah protein menempel pada permukaan, ataupun secara perlahan. Perubahan konformasi ini bertujuan untuk meningkatkan interaksi antara protein dengan permukaan (Paul, 2005).

Faktor lain yang berpengaruh terhadap adsorpsi protein adalah interaksi elektrostatik antara protein dan permukaan. Interaksi elektrostatik dipengaruhi oleh pH, temperatur, dan kekuatan ionik. Pengaruh temperatur yaitu pada perubahan konformasi saat berlangsungnya proses adsorpsi, dimana peningkatan temperatur akan meningkatkan jumlah protein yang teradsorpsi. Pengaruh pH terhadap tingkat adsorpsi berhubungan dengan titik isoelektrik protein. Titik isoelektrik (IEP) merupakan tingkatan keasaman ketika suatu molekul protein bermuatan nol akibat penambahan proton karena reaksi asam basa. Setiap protein memiliki titik isoelektrik yang berbeda-beda, dimana jika pH berada dibawah titik isoelektrik (IEP) maka protein akan bermuatan positif dan kapasitas adsorpsinya meningkat, begitu pula sebaliknya (Oshima *et al*, 2011).

Pengaruh kekuatan ionik terhadap adsorpsi protein yaitu pada interaksi elektrostatik yang saling tarik-menarik, semakin tinggi kekuatan ion maka kapasitas adsorpsi cenderung menurun dan sebaliknya. Pengaruh kekuatan ionik terhadap adsorpsi Hemoglobin pada permukaan padatan telah dipelajari oleh Hook *et al* (1998). Adsorpsi HbCO dilakukan pada range pH 4.0- 9.6, dan untuk met-Hb pada range yg lebih kecil yaitu pH 6.0- 8.0 karena lebih mudah terdenaturasi pada pH yang terlalu tinggi. Pembentukan bilayer pada pH lebih dari dan kurang dari titik isoelektrik cenderung menetralkan oleh tolakan isoelektrik sebagai hasil peningkatan jumlah muatan pada permukaan protein. Adsorpsi molekul protein pada padatan bermuatan akan melibatkan redistribusi muatan antar muka. Molekul protein dalam proses adsorpsi akan menempel pada permukaan nanoselulosa membentuk lapisan. Protein akan cenderung membentuk lapisan tunggal (*monolayer*) ketika kekuatan ioniknya tinggi mendekati titik isoelektriknya dan membentuk *bilayer* dibawah titik isoelektriknya pada kekuatan ionik yang rendah.

2.6 Karakterisasi

2.6.1 SEM (*Scanning Electron Microscope*)

SEM (*Scanning Electron Microscope*) merupakan salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Prinsip kerja dari SEM yaitu, Sebuah pistol elektron memproduksi sinar elektron dan dipercepat dengan anoda, lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel, sinar elektron yang terfokus memindai (scan) keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai, ketika elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor (Sri, 2001).

Teknik SEM merupakan pemeriksaan dan analisa permukaan. Data atau tampilan yang diperoleh adalah data dari permukaan atau dari lapisan yang tebalnya sekitar 20 μm dari permukaan yang diperoleh merupakan gambar topografi dengan segala tonjolan, lekukan, dan lubang permukaan. Gambar topografi diperoleh dari penangkapan elektron sekunder yang dipancarkan oleh spesimen. Sinyal elektron sekunder yang dihasilkan ditangkap oleh detektor dan diteruskan ke monitor. Pada monitor akan diperoleh gambar yang khas yang menggambarkan struktur permukaan spesimen. Selanjutnya gambar di monitor dapat dipotret dengan menggunakan film hitam putih atau dapat pula direkam kedalam suatu disket (wirjosentono, 1996).

Penelitian morfologi permukaan menggunakan SEM terbatas pemakainannya, tetapi memberikan informasi yang bermanfaat mengenai topologi permukaan dengan resolusi sekitar 100 \AA . Aplikasi-aplikasi yang khas mencakup penelitian disperse-dispersi pigmen dalam sel, pelepuhan atau peretakan koting, batas-batas fasa dalam polipaduan yang tak dapat campur, struktur sel busa-busa polimer, dan kerusakan pada bahan perekat. SEM teristimewa berharga dalam mengevaluasi betapa penanaman (implant) bedah polimerik bereaksi baik dengan lingkungan bagian tubuhnya (Stevens, 2001).

2.6.2 Spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

Spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) pada dasarnya adalah sama dengan Spektrofotometer IR dispersi, yang membedakannya adalah pengembangan pada sistem optiknya sebelum berkas sinar infra merah melewati contoh (Giwangkara, 2006). Teknik spektroskopi IR digunakan untuk mengetahui gugus fungsional, mengidentifikasi senyawa, menentukan struktur molekul, mengetahui kemurnian, dan mempelajari reaksi yang sedang berjalan. Senyawa yang dianalisa berupa senyawa organik maupun anorganik. Hampir semua senyawa dapat menyerap radiasi inframerah. Intensitas gelombang dapat digambarkan sebagai daerah waktu atau daerah frekuensi dari deret Fourier tersebut. Perubahan gambaran intensitas gelombang radiasi elektromagnetik dari daerah waktu ke daerah frekuensi atau sebaliknya disebut Transformasi Fourier (*Fourier Transform*) (Harjadi, 1993).

Informasi yang diberikan oleh interferogram berdasarkan intensitas spektrum pada setiap frekuensi. Informasi yang keluar dari detektor diubah secara digital kemudian ditransformasikan sebagai domain (*fourier transform*). Sinyal yang keluar kemudian diubah menjadi spektrum IR. Spektroskopi FTIR dapat digunakan untuk mendeteksi sinyal yang lemah, menganalisis sampel berkonsentrasi rendah, dan menganalisa getaran (Silverstain, 1967).

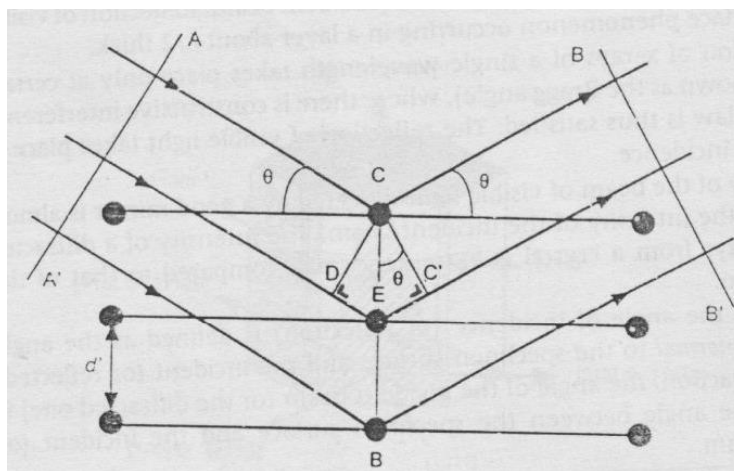
Spektroskopi ini merupakan satu dari teknik yang paling sering digunakan untuk mendapatkan informasi struktur berbagai tipe senyawa. Keuntungan spektroskopi IR dibanding NMR adalah pengukurannya mudah dan sederhana, dan spektra IR tidak terlalu dipengaruhi oleh kondisi pengukuran. Spektrofotometer infra merah biasanya merupakan spektrofotometer ganda dan terdiri dari 5 bagian utama yaitu sumber radiasi, daerah cuplikan, kisi difraksi (monokromator), dan detektor (Sudjadi, 1985).

2.6.3 XRD (*X-Ray Diffraction*)

XRD merupakan metode karakterisasi yang digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan menentukan parameter struktur kisi dan untuk mendapatkan ukuran partikel. Prinsip dasar dari XRD adalah mendifraksi cahaya melalui celah kristal, difraksi cahaya oleh kristal atau kisi-kisi mampu terjadi pada saat difraksi berasal dari radius yang mempunyai panjang

gelombang dan jarak antar atom sebesar 1 angstrom. Radiasi yang digunakan dalam bentuk sinar-X, elektron dan neutron. Sinar-X adalah proton dengan energi tinggi yang mempunyai panjang gelombang 0,5 sampai 2,5 angstrom. Ketika sinar-X berinteraksi dengan material, maka sebagian sinar-X akan diabsorpsi, ditransmisikan, dan sisanya dihamburkan (terdifraksi). Hamburan inilah yang dideteksi oleh XRD (Callister, 2009).

XRD memberikan data-data difraksi dan kuantisasi intensitas difraksi pada sudut-sudut dari suatu bahan. Data yang diperoleh dari XRD berupa intensitas difraksi sinar-X yang terdifraksi dan sudut-sudut 2θ . Tiap pola yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu. (Widyawati, 2012). Suatu kristal yang dikenai oleh sinar-X tersebut berupa material (sampel), sehingga intensitas sinar yang ditransmisikan akan lebih rendah dari intensitas sinar datang. Berkas sinar-X yang dihamburkan ada yang saling menghilangkan (interferensi destruktif) dan ada juga yang saling menguatkan (interferensi konstruktif). Interferensi konstruktif ini merupakan peristiwa difraksi seperti pada Gambar 2.5 (Grant dan Suryanayana, 1998).



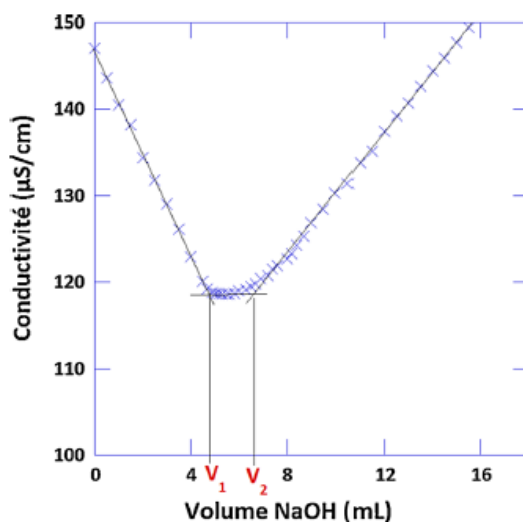
Gambar 2.7 Ilustrasi XRD (Grant dan Suryanayana, 1998)

2.6.4 Titrasi konduktometri

Titration konduktometri merupakan metode untuk menganalisa larutan berdasarkan kemampuan ion dalam menghantarkan muatan listrik di antara dua elektroda. Pengukuran konduktivitas (hantaran) dapat pula digunakan untuk

penentuan titik ahir titrasi. Titrasi konduktometri dapat dilakukan dengan dua cara, tergantung pada frekuensi arus yang digunakan (Hiskia, 2001).

Titrasi konduktometri didasarkan pada metode analisa kuantitatif yang memanfaatkan daya hantar listrik suatu larutan. Besarnya daya hantar yang diperoleh bergantung pada beberapa faktor, diantaranya adalah jumlah partikel-partikel bermuatan dalam larutan, jenis ion yang ada, mobilitas ion media/pelarutnya, suhu, gaya tarik menarik ion dan jarak elektroda (Svehla, 1990). Titrasi konduktometri bertujuan mengetahui daya hantar listrik suatu larutan. Konduktivitas suatu larutan elektrolit bergantung pada ion-ion yang ada dalam konsentrasinya. Kurva yang dihasilkan melalui metode ini berbentuk seperti huruf V, yang menunjukkan nilai konduktansi yang rendah untuk volume TEnya. Daya hantar yang diperoleh berkorelasi ketika titran ditambahkan jumlah ion yang ada dalam titrat semakin berkurang karena dinetralkan oleh senyawa titratnya, dan ketika volume TEnya melewati jumlah ion yang ada dalam larutan meningkat kembali yang dibuktikan dengan meningkatnya kembali konduktansi (Lestari *et al.*, 2010). Kurva konduktansi yang diperoleh, dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.8 Kurva Titrasi Konduktometri (Romdhane *et al.*, 2015).

2.6.5 Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometri merupakan suatu metode untuk menentukan komposisi suatu sampel baik secara kuantitatif maupun kualitatif berdasarkan pada interaksi antara materi dengan cahaya. Instrumen yang digunakan dalam spektrofotometri

disebut spektrofotometer. Spektrofotometer UV- Vis memakai sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet dekat (190-380 nm) dan sinar tampak (380-780 nm) (Khopkar, 2003). Metode ini berdasar pada pengukuran fraksi cahaya yang diserap analit. Prinsip metode ini, seberkas sinar dilewatkan pada analit, setelah melewati analit, intensitas cahaya berkurang sebanding dengan banyaknya cahaya yang diserap molekul analit. Intensitas cahaya sebelum dan sesudah melewati bahan diukur dan dapat ditentukan konsentrasi bahan yang bersangkutan (Harjadi, 1993). Suatu analit hanya menyerap sinar pada panjang gelombang tertentu, dan jumlah cahaya yang diserap oleh analit menghasilkan suatu signal elektrik yang ditangkap oleh detektor. Cahaya yang diserap oleh analit diukur sebagai absorbansi (A) dan cahaya yang dihamburkan diukur sebagai transmitansi (T) dan dinyatakan dengan hukum lambert-beer dimana,

$$A = -\log T$$

A merupakan absorbansi dan T merupakan tranmitansi (Day dan Underwood, 2002).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian akan dilakukan di Laboratorium Kimia Fisik, Laboratorium Kimia Organik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan Laboratorium Center for Development of Advance Science and Technology (CDAST) Universitas Jember. Analisis FTIR dilakukan di laboratorium Fakultas Farmasi Universitas Jember. Analisis XRD dilakukan di Laboratorium Kimia UGM Yogyakarta dan analisis SEM dilakukan di ITB Bandung. Waktu penelitian dilakukan pada bulan Desember 2016 hingga Mei 2017.

3.2 Alat dan Bahan

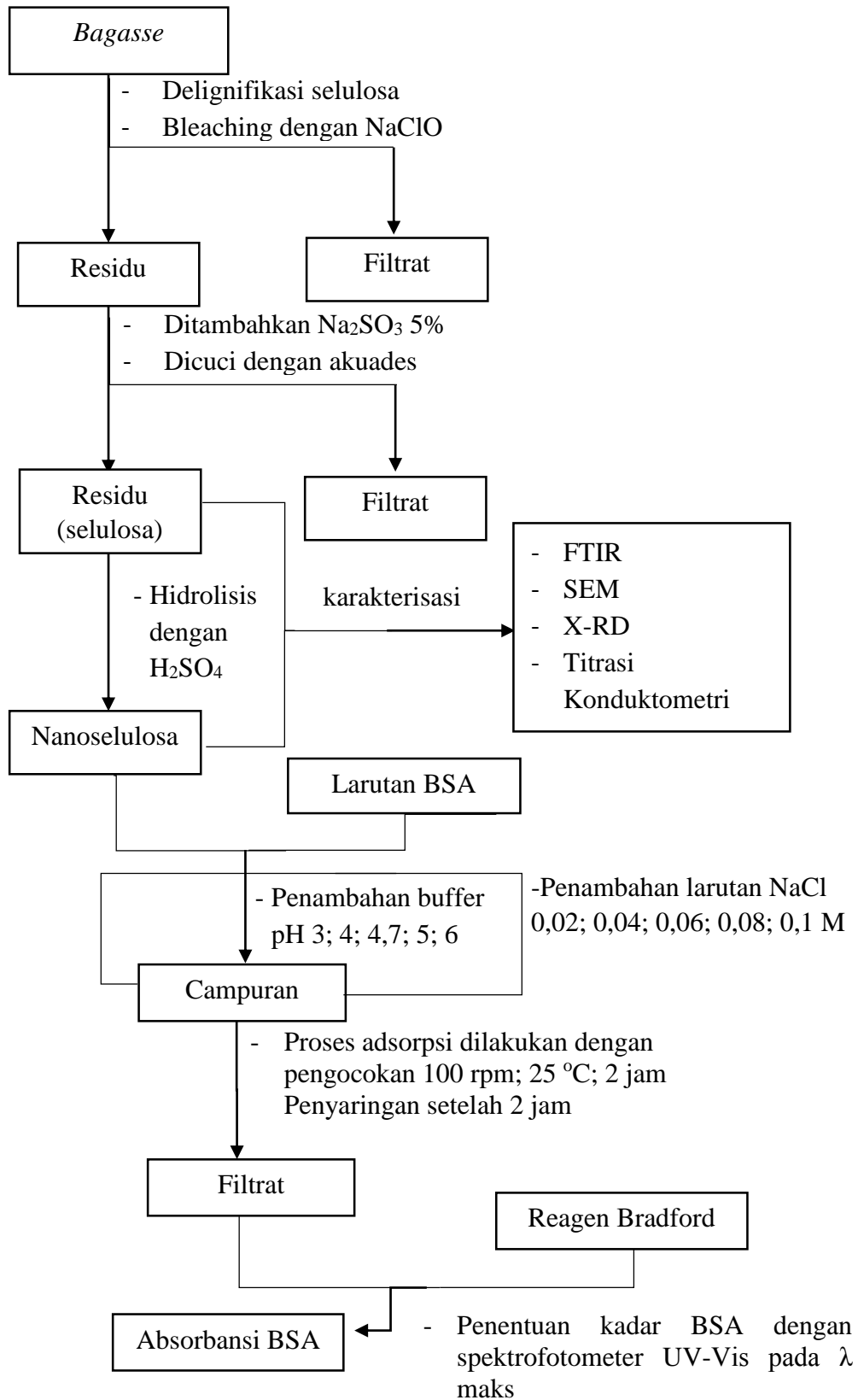
3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian diantaranya yaitu: gelas beaker 5 mL; 10 mL dan 50 mL, gelas ukur 10 mL dan 100 mL, pipet tetes, pipet volume 10 mL, labu ukur 25 mL; 50 mL dan 100 mL, labu leher tiga, neraca analitik, oven, set alat refluks, buret 25 mL, kertas saring, konduktometer, termometer, pH meter, *hot plate*, sentrifugator, ultrasonikator, alat *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM), Spektrofotometer UV-Vis, dan alat *X-Ray Diffraction* (XRD).

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya: ampas tebu (*bagasse*), NaClO (merck), asam asetat glasial, Na₂SO₃ (merck), NaOH (merck), HCl 37%, asam oksalat (merck), heksana, aseton, etanol 95%, asam sulfat (H₂SO₄) 98% (pa. merck), KBr, NaCl (merck), indikator phenolphtalein (pp) dan akuades, *Bovine Serum Albumin* (BSA), heksanol, *Comasie brilliant blue*, etanol 95%, dan asam fosfat 85%, asam sitrat 99,5% (*Aldrich*), sodium hidrogen fosfat (*Aldrich*).

3.3 Diagram Alir Penelitian



3.4 Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian ini terdiri dari, delignifikasi selulosa, isolasi selulosa, pembuatan nanoselulosa, karakterisasi nanoselulosa, dan studi adsorpsi protein dilakukan dengan metode batch dengan adsorben nanoselulosa.

3.4.1 Delignifikasi Selulosa

Bagasse yang bersih dan kering dipotong kecil- kecil dan dihancurkan hingga menjadi serbuk yang lebih halus, kemudian dioven pada suhu 60°C selama 16 jam. *Bagasse* dimasukkan ke dalam labu alas bulat, kemudian ditambahkan NaOH 17,5% w/v sebanyak 250 mL. Campuran tersebut direfluks selama 2 jam pada suhu 70°C. Campuran tersebut selanjutnya disaring (Mandal dan Chakrabarty, 2011).

3.4.2 Bleaching

Residu yang telah dihasilkan pada proses delignifikasi diputihkan (*bleaching*) dengan larutan NaClO dengan konsentrasi 0,7% v/v (dengan perbandingan residu dan larutan 1:50). Ditambahkan 8-10 tetes asam asetat glasial, kemudian dipanaskan dan diadukselama 1 jam (Rosa *et al.*, 2010).

3.4.4 Isolasi Selulosa

Residu yang dihasilkan pada proses *bleaching* dicuci dengan akuades. Residu yang sudah dicuci kemudian dicampurkan dengan 250mL larutan Na₂SO₃ 5% w/v, kemudian dididihkan selama 1 jam. Selanjutnya dicuci dengan akuades 100 mL sebanyak 5 kali pencucian dan disaring. Residu yang diperoleh kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C (Mandal dan Chakrabarty, 2011).

3.4.5 Pembuatan Nanoselulosa

Produk selulosa yang diperoleh kemudian dihidrolisis dengan asam kuat H₂SO₄. Konsentrasi asam sulfat yang digunakan yaitu 50%. Asam sulfat dimasukkan ke dalam labu leher tiga dan dipanaskan pada suhu 50°C. Serbuk selulosa sebanyak 5 gram ditambah ke dalam campuran dan dihidrolisis selama 90 menit. Hidrolisis dihentikan dengan menambahkan akuades sebanyak 500 mL, kemudian didinginkan pada suhu kamar. Campuran selanjutnya disentrifugasi selama 5 menit pada kecepatan 10.000 rpm. Fraksi dicuci terus menerus dengan menambahkan akuades dan sentrifugasi dihentikan setelah 5 kali pencucian.

Suspensi yang terbentuk kemudian disonikasi selama 5 menit. (Mandal dan Chakrabarty, 2011). Nanoselulosa kering diperoleh dengan menguapkan koloid nanoselulosa pada suhu 80°C. Padatan yang diperoleh dicuci dengan etanol, aseton dan heksana. Setiap pencucian dengan pelarut, pemisahan dilakukan dengan proses sentrifugasi. Nanoselulosa kemudian dikeringkan pada suhu 50°C sampai berat konstan (Ioelovich, 2012).

a. Pembuatan larutan H₂SO₄ 50%

Asam sulfat 50% dibuat dengan mengencerkan larutan H₂SO₄ 98% sebanyak 51 mL ke dalam labu ukur 100 mL. Selanjutnya ditambahkan akuades hingga tanda batas.

3.4.6 Karakterisasi Nanoselulosa

3.4.6.1 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

Karakterisasi dengan FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi apa saja yang terdapat pada sampel selulosa dan nanoselulosa. Karakterisasi dengan FTIR dilakukan pada panjang gelombang 400-4500 cm⁻¹ dengan metode pelet KBr.

3.4.6.2 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Karakterisasi ini bertujuan untuk mengetahui morfologi selulosa dan nanoselulosa yang terbentuk. Karakterisasi dengan SEM akan menghasilkan data berupa morfologi, termasuk porositas serta ukuran pori.

3.4.6.3 X-Ray Diffraction (XRD)

Karakterisasi menggunakan XRD bertujuan untuk mengetahui kristalinitas selulosa dan nanoselulosa.

Karakterisasi dengan XRD menggunakan radiasi Cu K α monokromatik ($\lambda=0,15418$ nm) yang dilakukan pada 40 kV dan 35 mA pada suhu kamar. Data yang diperoleh dari analisis ini berupa difraktogram (Iriani *et al*, 2015). Penentuan indeks kitalinitas dapat diketahui menggunakan persamaan :

Indeks kitalinitas ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$C_{lr}(\%) = \frac{(I_c - I_a)}{I_c} \times 100\% \quad (1)$$

C_{lr} merupakan indeks kristalinitas dalam satuan persen, I_c intensitas pada daerah puncak kristalin dan I_a intensitas daerah amorf (Anirudhan dan Rejeena, 2012).

3.4.6.4 Titrasi Konduktometri

Titrasi konduktometri dilakukan untuk mengetahui jumlah gugus bermuatan ($-\text{OSO}_3^{2-}$) pada nanoselulosa. Hal yang perlu dilakukan sebelum melakukan titrasi konduktometri ini yaitu persiapan larutan yang diutuhkan dan standarisasi NaOH.

a. Persiapan larutan

a. Larutan NaOH 0,005 M

Pertama dibuat larutan NaOH 1M dengan cara menimbang NaOH sebanyak 4 gram dan dilarutkan dengan akuades dalam erlenmeyer dan diencerkan dalam labu ukur hingga 100mL. Larutan tersebut diambil 0,5 mL dan diencerkan kembali dalam labu ukur 100mL.

b. Pembuatan NaCl 0,0005 M

Kristal NaCl sebanyak 0,0292 g dilarutkan dengan akuades pada gelas beaker, kemudian diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 1000 mL sampai tanda batas, sehingga didapatkan larutan NaCl dengan konsentrasi 0,0005 M.

c. Pembuatan HCl 0,025 M

Sebanyak 0,2 mL HCl 98% diencerkan dalam 100 mL akuades dalam labu ukur sampai tanda batas.

d. Pembuatan Asam Oksalat 0,025 M

Kristal asam oksalat sebanyak 0,31 gram dilarutkan dengan sedikit akuades. Larutan asam oksalat tersebut selanjutnya dimasukkan kedalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan akuades hingga tanda batas.

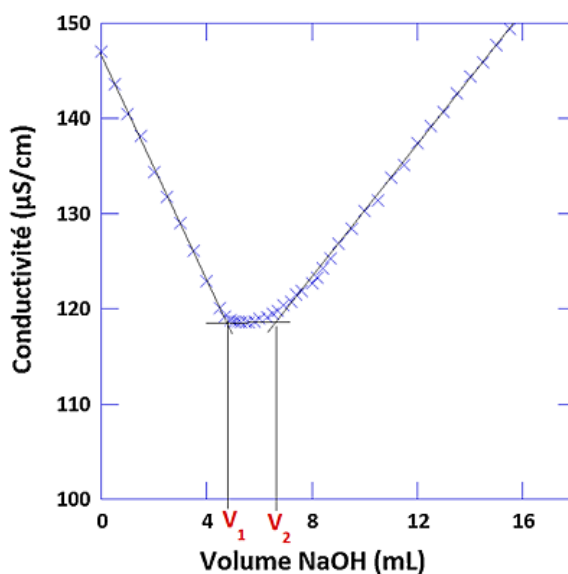
b. Standarisasi Larutan NaOH

Tahap selanjutnya setelah preparasi bahan adalah standarisasi NaOH. Larutan NaOH 0,005 M dimasukkan ke dalam buret 50 mL, larutan asam oksalat 0,025 M dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan 3 tetes indikator phenolphthalein (pp). Larutan asam oksalat 0,025 M dititrasi dengan NaOH 0,005 M hingga warna pada titrat berubah menjadi merah muda.

2.4.6.4 Titrasi Konduktometri

Nanoselulosa yang telah dikeringkan diambil sebanyak 1 gram dan dilarutkan dalam larutan NaCl 1mM di dalam labu ukur 500mL. Sebanyak 1 mL larutan HCl 50mM ditambahkan kedalamnya dan setelah itu diukur konduktivitasnya. Larutan

yang telah diuji konduktivitasnya selanjutnya dititrasi dengan NaOH sambil terus diaduk dengan *stirer* dan dialiri nitrogen. Larutan NaOH tersebut ditambahkan setiap interval 5 menit, dimana pada 5 menit pertama yang ditambahkan sebanyak 0,5 mL sampai mendekati belokan pertama dan setelah itu pada menit berikutnya NaOH yang ditambahkan sebanyak 0,3 mL. Nilai konduktivitas diukur kembali setelah nilai stabil, pada suhu 25°C dengan kenaikan suhu titrasi kurang dari 1°C. Pengukuran tersebut dilakukan duplo. Kurva yang diperoleh dalam pengukuran konduktometri ini sebagai berikut:



Gambar 3.1 Kurva Titrasi Konduktometri (Romdhane *et al*, 2015).

Berdasarkan kurva konduktometri diatas, dengan pertimbangan tambahan HCl sebanyak 5 mL pada prosedur awal titrasi, konsentrasi gugus bermuatan dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$mmolKg^{-1} = \frac{Cx (V_1 - V_0)}{m}$$

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

3.4.7 Pembuatan Reagen Bradford

Comasie brilliant blue G-250 Sebanyak 10 mg dilarutkan ke dalam 5 mL etanol 95% dan ditambah dengan 10 mL asam fosfat 85%. Larutan tersebut selanjutnya diencerkan dengan 100 mL akuades.

3.4.8 Pembuatan Larutan Standar *Bovine Serum Albumin* (BSA)

Fungsi larutan standar BSA yaitu untuk membuat kurva kalibrasi, dimana larutan standar yang digunakan adalah 100; 200; 300; 400 ppm. Larutan standar tersebut dibuat dari larutan induk 100.

a. Larutan BSA 1000 ppm

BSA sebanyak 0,1 g dilarutkan dengan akuades. Larutan tersebut diencerkan dalam 100 mL akuades dengan labu ukur sehingga diperoleh larutan BSA 1000 ppm.

b. Larutan standar 100 ppm

Larutan induk BSA 1000 diambil 2,5 mL dan diencerkan dalam 25 mL akuades sehingga diperoleh larutan BSA 100 ppm.

c. Larutan standar 200 ppm

Larutan standar BSA 200 ppm diambil sebanyak 5 mL dan diencerkan dalam 25 mL akuades sehingga diperoleh larutan standar BSA 200 ppm.

d. Larutan standar 300 ppm

Larutan standar BSA 300 ppm diambil sebanyak 7,5 mL dan diencerkan dalam 25 mL akuades sehingga diperoleh larutan standar BSA 300 ppm.

e. Larutan standar 400 ppm

Larutan standar BSA 400 ppm diambil sebanyak 10 mL dan diencerkan dalam 100 mL akuades sehingga diperoleh larutan standar BSA 400 ppm.

3.4.9 *Scanning* Panjang Gelombang

Tujuan *scanning* panjang gelombang yaitu untuk mengetahui panjang gelombang maksimum untuk larutan *Bovine Serum Albumin* (BSA). *Scanning* panjang gelombang untuk larutan BSA $10 \mu\text{mol L}^{-1}$ dilakukan pada range 500-600 nm dengan interval 20. Larutan BSA $10 \mu\text{mol L}^{-1}$. Sebanyak $50 \mu\text{L}$ dimasukkan dalam tabung reaksi, kemudian ditambah dengan 2,5 mL reagen Bradford dan

dikocok lalu didiamkan selama 10 menit, kemudian dilakukan *scanning* panjang gelombang.

3.4.10 Pembuatan Kurva Kalibrasi BSA

Pembuatan kurva dilakukan untuk menentukan konsentrasi BSA di dalam sampel. Sebanyak 50 μL larutan standar BSA 5; 10; 15; 20 dan 25 $\mu\text{mol L}^{-1}$ diambil dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan 2,5 mL reagen Bradford, kemudian dikocok dan didiamkan selama 10 menit. Larutan tersebut kemudian diukur adsorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum sehingga diperoleh persamaan linier $y=mx+C$. Sumbu x merupakan konsentrasi larutan standar BSA dan sumbu y merupakan absorbansi.

3.4.11 Adsorpsi *Bovine Serum Albumin* (BSA) oleh Nanoselulosa

Larutan BSA 10 $\mu\text{mol L}^{-1}$ diambil 15 mL dalam gelas beaker dan ditambahkan 20 mg serbuk nanoselulosa, kemudian dicampur dengan dikocok pada kecepatan 120 rpm pada suhu 30 °C. Kesetimbangan adsorpsi diperoleh setelah 2 jam dan campuran disaring. Filtrat yang diperoleh diambil 50 μL lalu dimasukkan ke dalam tabung reaksi, dan ditambah dengan 2,5 mL reagen Bradford, dikocok kemudian didiamkan selama 10 menit. Campuran tersebut selanjutnya diukur adsorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum (Oshima *et al*, 2011).

Absorbansi yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk mengetahui konsentrasi BSA yang diadsorpsi oleh nanoselulosa. Penentuan persentase adsorpsi (% Adsorpsi) dan jumlah BSA yang teradsorpsi (q) dilakukan dengan mengikuti persamaan:

$$\% \text{ Adsorpsi} = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\%$$

$$q \text{ (mg/g)} = \frac{C_0 - C_e}{W} \times V$$

dimana C_0 merupakan konsentrasi awal BSA, C_e adalah konsentrasi setelah adsorpsi, W massa kering adsorben (mg), V adalah volume larutan (L), dan q adalah jumlah BSA yang teradsorpsi dalam satuan mg/g (Oshima *et al*, 2011).

3.4.12 Preparasi Larutan Buffer

Penelitian ini menggunakan larutan buffer sitrat fosfat. Larutan buffer pH 3 sampai 6 dibuat dengan membuat larutan asam sitrat 0,1 M dan larutan sodium hidrogen fosfat 0,2 M. Larutan asam sitrat dibuat dengan melarutkan 4,803 g asam sitrat dalam 250 mL akuades, sehingga diperoleh larutan asam sitrat 0,1 M. Larutan sodium hidrogen fosfat dibuat dengan melarutkan sebanyak 7,098 g sodium hidrogen fosfat dalam 250 mL akuades, sehingga diperoleh larutan sodium hidrogen fosfat 0,2 M.

a. Larutan Buffer pH 3

Sebanyak 15,89 mL asam sitrat dicampurkan dengan 4,11 mL sodium hidrogen fosfat. Kemudian, pH larutan diukur menggunakan pH meter untuk mengetahui bahwa larutan tersebut memiliki pH 3.

b. Larutan Buffer pH 4

Sebanyak 12,29 mL asam sitrat dicampurkan dengan 7,71 mL sodium hidrogen fosfat. Kemudian, pH larutan diukur menggunakan pH meter untuk mengetahui bahwa larutan tersebut memiliki pH 4.

c. Larutan Buffer pH 5

Sebanyak 9,70 mL asam sitrat dicampurkan dengan 10,30 mL sodium hidrogen fosfat. Kemudian, pH larutan diukur menggunakan pH meter untuk mengetahui bahwa larutan tersebut memiliki pH 5.

d. Larutan Buffer pH 6

Sebanyak 7,37 mL asam sitrat dicampurkan dengan 12,63 mL sodium hidrogen fosfat. Kemudian, pH larutan diukur menggunakan pH meter untuk mengetahui bahwa larutan tersebut memiliki pH 6.

3.4.13 Penentuan Kapasitas Adsorpsi BSA dengan Variasi pH

Serbuk nanoselulosa sebanyak 20 mg dimasukkan ke dalam gelas beaker yang telah berisi 15 mL larutan BSA $10 \mu\text{mol L}^{-1}$ dengan variasi pH 3; 4; 5; dan 6. Campuran tersebut kemudian dikocok pada 120 rpm pada 30 °C. Setelah 2 jam kesetimbangan adsorpsi diperoleh dan campuran disaring (Oshima *et al.*, 2011).

Filtrat yang diperoleh diambil 50 μL lalu dimasukkan ke dalam tabung reaksi, dan ditambah dengan 2,5 mL reagen Bradford, dikocok kemudian

didiamkan selama 10 menit. Campuran tersebut selanjutnya diukur adsorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum (Oshima *et al*, 2011).

Absorbansi yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk mengetahui konsentrasi BSA yang diadsorpsi oleh nanoselulosa. Penentuan persentase adsorpsi (% Adsorpsi) dan jumlah BSA yang teradsorpsi (q) dilakukan dengan mengikuti persamaan:

$$\% \text{ Adsorpsi} = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\%$$

$$q \text{ (mg/g)} = \frac{C_0 - C_e}{W} \times V$$

dimana C_0 merupakan konsentrasi awal BSA, C_e adalah konsentrasi setelah adsorpsi, W massa kering adsorben (mg), V adalah volume larutan (L), dan q adalah jumlah BSA yang teradsorpsi dalam satuan mg/g (Oshima *et al*, 2011).

3.4.14 Penentuan Kapasitas Adsorpsi BSA pada Variasi Kekuatan Ionik

Nanoselulosa sebanyak 0,1 g dimasukkan ke dalam 5 gelas kimia berbeda yang masing-masing telah berisi 15 mL larutan BSA yang ditambahkan 5 mL larutan NaCl dengan variasi konsentrasi 0,02; 0,04; 0,06; 0,08 dan 0,1 M. Pembuatan larutan NaCl dilakukan dengan mengencerkan larutan induk 1 M ke dalam 100 mL akuades secara bertingkat. Campuran larutan BSA dengan variasi konsentrasi NaCl tersebut dikocok pada 100 rpm pada 25 °C, kemudian setelah 2 jam kesetimbangan adsorpsi diperoleh, campuran disaring dan diambil filtratnya sebanyak 50 μ L. Filtrat tersebut dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan 2,5 mL reagen bradford lalu dikocok, setelah itu didiamkan selama 10 menit. Absorbansi diukur dengan spektrofotometer Visible pada panjang gelombang maksimum (Oshima *et al*, 2011).

Absorbansi yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk mengetahui konsentrasi BSA yang diadsorpsi oleh nanoselulosa. Penentuan persentase adsorpsi (% Adsorpsi) dan jumlah BSA yang teradsorpsi (q) dilakukan dengan mengikuti persamaan:

$$\% \text{ Adsorpsi} = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\%$$

$$q \text{ (mg/g)} = \frac{C_0 - C_e}{W} \times V$$

dimana C_0 merupakan konsentrasi awal BSA, C_e adalah konsentrasi setelah adsorpsi, W massa kering adsorben (mg), V adalah volume larutan (L), dan q adalah jumlah BSA yang teradsorpsi dalam satuan mg/g (Oshima *et al*, 2011).

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini diantaranya:

1. Karakter selulosa sebelum dan setelah hidrolisis mengalami perubahan, diantaranya yaitu munculnya serapan FTIR pada bilangan gelombang 1230-750 cm^{-1} yang mewakili gugus sulfat, dimana gugus sulfat yang masuk sebesar 77,5 mmol/kg. Karakter permukaan setelah hidrolisis mengalami perubahan, yaitu semakin kecil jika dibandingkan dengan sebelum hidrolisis yang memiliki bentuk seperti fibril- fibril, namun selulosa terhidrolisis masih belum mencapai ukuran nano. Kristalinitas selulosa terhidrolisis mengalami peningkatan yaitu dari 79,83% menjadi 85,51%.
2. Kapasitas adsorpsi BSA dipengaruhi oleh pH, dimana pada pH dibawah titik isoelektrik, kapasitas adsorpsinya lebih besar, dan pH optimumnya adalah 4.
3. Pengaruh kekuatan ion pada adsorpsi BSA yaitu dapat meningkatkan kapasitas adsorpsinya baik pada selulosa sebelum dan setelah hidrolisis, namun pada konsentrasi kekuatan ion yang lebih tinggi menyebabkan menurunnya kelarutan BSA dan kapasitas adsorpsi. Kekuatan ion optimum untuk adsorpsi BSA adalah pada konsentrasi 0,02 M.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu untuk melakukan optimasi proses sonikasi karena proses ini berperan penting dalam menghasilkan selulosa berukuran nano.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamson, A.W. 1990. *Physical Chemistry of Surface*, 5th ed. Toronto: John Wiley and Sons Inc.
- Ahmad, Hiskia. 2001. *Kimia Larutan*. Bandung: Cintra Aditya Bakti.
- Amri, A., Supranto, Fahrurozi, M. 2004. Kesetimbangan Adsorpsi Optional Campuran Biner Cd (II) dan Cr (III) dengan Zeolit Alam Terimpregnasi 2-merkaptobenzotiazol. *Jurnal Natur Indonesia*. 6(2): 111-117.
- Anirudhan, T.S and Rejeena, S.R. 2012. Adsorption and Hydrolytic Activity of Trypsin on a Carboxylated-Functionalized Cation Exchanger Prepared from Nanocellulose. *Journal of Colloid and Interface Science*. 381 (1): 125-136.
- Anirudhan, T.S and Rejeena, S.R. 2013. Selective Adsorption of Hemoglobin Using Polimer-grafted-magnetite Nanocellulose Composite. *Carbohydrate Polymers*. 93 (2): 518-527.
- Anwar, S. 2008. *Ampas Tebu*. Malang: Laboratorium Bioindustri Universitas Brawijaya.
- Arifin, A.B. 2007. "Pengaruh Jenis Bakteri Lignochlorin dan Lama Inkubasi Terhadap Laju Degradasi Pakan Secara In Sacco." Tidak Diterbitkan. Skripsi. Malang: Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya.
- Arioen, Refi. 2011. "Kajian Perlakuan Awal Secara Basa dan Enzimatis untuk Menghidrolisis Ampas Tebu Menjadi Gula Reduksi." Tidak Diterbitkan. Tesis. Lampung: Universitas Lampung.
- Atkins, P.W. 1999. *Kimia Fisika. Terjemahan Kartahadiprojo Irma I, Edisi ke 2*. Jakarta: Erlangga.
- Azeredo, H.M.C. 2009. Review: Nanocomposites for Food Packaging Applications. *Food Research International*. 42: 1241-1250.
- Aziz A.A., M. Husin and A. Mokhtar. 2002. Preparation of Cellulose from Oil Palm Empty Fruit Bunches via Ethanoldigestion: Effect of Acid and Alkali Catalysts. *Journal of Oil Palm Research*. 14(1): 9-14.
- Budianto, A.K. 2009. *Dasar-Dasar Ilmu Gizi*. Malang : Penerbit UMM Press.
- Casey, J. P. 1960. *Pulp and Paper: chemistry and chemical technology*. 3th ed. New York: Jhon Willey and Sons, Inc.
- Callister Jr dan William D. 2009. *Materials Science And Engineering An Introduction*, 8th Edition. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Dawson, L., and Boopathy, R. 2008. Cellulosic Ethanol Production From Sugarcane Bagasse Without Enzymatic Saccharification. *Bioresources*. 3(2): 452-460.

- Day, R. A. dan Underwood A. L. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Edisi Keenam. Jakarta: Erlangga.
- Evans, T.W. 2002. Albumin As A Drug-Biological Effects Of Albumin Unrelated To Oncotic Pressure. Review Article. *Aliment Pharmacol Ther.* 5: 6-11.
- Fatmawati, Z. N. 2006. “Kajian Adsorpsi Cd oleh Biomassa Rumput Naga yang Terimobilisasikan pada Silika Gel.” Tidak Diterbitkan. Skripsi. Lampung: Universitas Lampung.
- Fengel, D dan G. Wegener. 1995. *Kayu: Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Foegeding, E. A., Allen, C. E., dan W. R. Dayton. 1986. Effect of Heating Rate on Thermally Formed Myosin, Fibrinogen and Albumin Gels. *J. Food Sci.* 51: 104- 107.
- Fritz, Jeuck, Salas, Gonzales, Jameel, Rojas. 2015. Nanocellulose and Proteins: Exploiting Their Interaction for Production, Immobilization, and Synthesis of Biocompatible Materials. *Adv Polym Sci.* 271(1): 207-224.
- Gardner, D. 2008. Adhesion and Surface Issue in Cellulose and Nanocellulose. *Adhesion Science and Technology.* 22: 545-567.
- Giwangkara S, EG., 2006, “Aplikasi Logika Syaraf Fuzzy Pada Analisis Sidik Jari Minyak Bumi Menggunakan Spektrofotometer Infra Merah – Transformasi Fourier (FT-IR)”. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Cepu: Sekolah Tinggi Energi dan Mineral.
- Goodwin dan Mercer. 1993. *Introduction to Plant Biochemistry*, 2nd Ed. New York: Pergamon Press.
- Grant, N. M., dan Suryanayana, C. 1998. *X-Ray Diffraction: A Partical Approach*. New York: Plenum Press.
- Gutierrez Correa dan Tengerdy. 1997. Production of Cellulose on Sugarcane Bagasse by Fungal Mixed Culture Solid Substrate Fermentation. *Biotechnology Letters.* 19(7): 665.
- Habibi, Y., Lucia, L.A., dan Rojas, O.J. (2010). Cellulose Nanocrystals: Chemistry, Self-Assembly, and Applications. *Chemical Reviews.* 110: 3479 – 3500.
- Hanjono, L. 1995. *Teknologi Kimia*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Harjadi, W. 1993. *Ilmu Kimia Dasar Analitik*. Jakarta: Erlangga.
- Hartoyo, 1989. “Pengetahuan Dasar Kayu sebagai sumber Serat.” Tidak Diterbitkan. Makalah Seminar Alih Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Industri Pulp Kertas dan Papan Serat. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Höök, Rodahl, Kasemo, and Brzezinski. 1998. Structural Changes in Hemoglobin During Adsorption to Solid Surface: Effects of pH, Ionic Strength, and

- Ligand Binding. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 95 (21): 12271-12276.
- Howard, E. Abotsi, J.E.L. van Rensburg, dan S. Howard. 2003. Lignocellulose Biotechnology: Issues of Bioconversion and Enzyme Production. *Afr. J. Biotechnol* 2 (12): 602– 619.
- Ioelovich, M. 2012. Optimal Conditions for Isolation of Nanocrystalline Cellulose Particles. *Nanoscience and Nanotechnology*. 2(2): 9-13.
- Iriani, Wahyuningsih, Sunarti, dan Permana. 2015. *Sintesis Nanoselulosa dari Serat Nanas dan Aplikasinya Sebagai Nanofilter pada Film Berbasis Polivinil Alkohol*. 12 (1): 11-19.
- Khopkar, S.M. 2003. Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Lee, H. V, Hamid, S. B. A., dan Zain, S. K. 2014. Conversion of Lignocellulosic Biomass to Nanocellulose. *Structure and Chemical Process*. 2014(2014): 5-6.
- Lestari, Felina, Awaliah, dan Arif. 2010. *Potensiometri dan Konduktometri*. Bogor: IPB.
- Li, J., Wei, X., Wang, Q. 2012. Homogeneous Isolation of Nanocellulose from Sugarcane Bagasse by High Pressure Homogenization. *Carbohydrate Polymers*. 90(4): 1609-1613.
- Li, G.K., Li, X.F., Jiang, Y., Zeng, M.Z., dan Ding, E.Y. 2003. Size Effect of Nanocrystalline Cellulose. *Chinese Chemical Letters*. 14(9): 977-978.
- Liu, Peng. 2015. “Adsorption Behavior of Heavy Metal Ions from Aqueous Medium on Nanocellulose. Tidak Diterbitkan.” Tesis. Sweden: Lulea University of Technology.
- Lynd, L.R., Weimer, P.J., Van-Zyl, W.H., dan Pretorius, I.S. 2002. Microbial Cellulose Utilization: Fundamentals and biotechnology. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 66(3): 506-577.
- Mandal, Arup dan Chakrabarty, Debabrata. 2011. “Isolation of nanocellulose from waste sugarcane bagasse (SCB) and its characterization”. *Journal Carbohydrat Polymer*. 86(3): 1291-1299.
- Muhammad, N., Parr, J., Smith, M.D., dan Wheatley, A.D. 1998. Adsorption of Heavy Metals by Slow Sand Filters. *Water Engineering and Dev. Center*. 24: 346-349.
- Mulyana, L., Pradiko, H. dan Nasution, K. 2003. Pemilihan Persamaan Adsorpsi Isotherm pada Penentuan Kapasitas Adsorpsi Kulit Kacang Tanah Terhadap Zat Warna Remazol Golden Yellow 6. *Infomatek Teknik Lingkungan*. 2003:131-143.

- McDonald, P., R.A. Edward, J.F.D. Greenhalgh and C.A. Morgan. 2002. *Animal Nutrition*. 6th Edition. Gosport: Ashford Colours Press.
- Moon, R.J. 2011. Cellulose Nanomaterials Review: Structure, Properties and Nanocomposites. *Chemical Society*. 40: 3941-3994.
- Nasruddin. 2005. "Dynamic Modeling and Simulation of Two-Bed Silicagel-Water Adsorption Chiller." Tidak Diterbitkan. Disertasi. Germany: Rwth.
- Nugraha, Y. P. 2003. "Pengaruh Konsentrasi Larutan Pemasak dan Nisbahnya dengan Bobot Bagase terhadap Rendemen dan Sifat Fisik Pulp Bagase (Acetosolv)." Tidak Diterbitkan. Skripsi. Lampung: Universitas Lampung.
- Oktarina, Ifrilla. 2009. "Pengaruh Konsentrasi Dua Jenis Bahan Pemutih terhadap Sifat Kimia dan Warna Serat Batang Pisang." Tidak Diterbitkan. Skripsi. Lampung: Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Lampung.
- Oshima, Taguchi, Ohe, and Baba. 2011. Phosphorylated Bacterial Cellulose for Adsorption of Protein. *Carbohydrate Polymers*. 83 (2): 953-958.
- P3GI. 2007. Laporan Produksi Giling Tahun 2009 PTPN/PT Gula di Indonesia. Pasuruan: Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI).
- Paul Roach, David Farrar, dan Carole C. Perry. 2005. Interpretation of protein adsorption: surface-induced conformational changes. *American Chemical Society. Chem. Soc.* 127(22): 8168-8173
- Peng, B.C., Dhar, N., Liu, H.L., dan Tam, K.C. 2011. Chemistry and Applications of Nanocrystalline Cellulose and Its Derivatives: A Nanotechnology Perspective. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*. 89: 1191-1205.
- Perez, J., Munoz-Dorado, J., De-la-Rubia, T., dan Martinez, J. 2002. Biodegradation and biological treatment of cellulose, hemicellulose, and lignin: an overview. *Int Microbiol*. 5(1):53-63.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2014. Buletin Konsumsi Pangan, Volume 5 No. 1. Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Romdhane, A., Arousseau, M., Guilet, A., dan Mauret, Evelyne. 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.
- Santoso, A. H. 2009. "Uji Potensi Ekstrak Ikan Gabus (*Channa striata*) Sebagai Hepatoprotector Pada Tikus yang Diinduksi dengan Parasetamol." Tidak Diterbitkan. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Schnoor, J. 1996. *Environmental modeling*. New York: John Wiley & Son, Inc.
- Silverstein, R.M., Webster F.X., dan David, J.K. 1967. *Spectrometric Identification of Organic Compounds. Seventh Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

- Sixta, Herbert. 2006. *Handbook of Pulp*, Volume 1. New York: Wiley-VCH Verlag GmbH.
- Sjostrom, E. 1999. *Kimia Kayu. Dasar –Dasar Penggunaan Edisi 2*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Soenardi, P. 1976. *Sifat-sifat Kimia Kayu*. Yogyakarta: Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada.
- Sriyanti, Azmiyawati C. dan Taslimah. 2005. Adsorpsi Kadmium(II) pada Bahan Hibrida Tiol-Silika dari Abu Sekam Padi. *JSKA*. 8 (2): 1-12
- Stevens, M.P. 2001. *Kimia Polimer*. Cetakan Pertama. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sudarmadji, S. 1989. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberti.
- Sudjadi. 1985. *Metode Pemisahan*. Yogyakarta : Kanisius.
- Svehla, G. 1990. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimakro*. Jakarta: PT Kalman Media Pustaka.
- Taherzadeh, M.J dan Karimi K. 2007. Acid-base Hydrolysis Processes for Ethanol from Lignocellulosic Materials: A Review. *Journal Bio Resources*. 2(3): 472-499.
- Tandra, H., H.W. Soemartono dan A. Tjokroprawiro. 1988. Metabolisme dan Aspek Klinik Albumin. *J. Med.* 3(1): 249-258.
- Tillman, A. D., H. Hartadi, Reksohadiprodjo, S. Prawirokusumo dan S. Lebdosoekojo. 1989. *Ilmu Makanan Ternak Dasar*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Tsukamoto, J., Duran Nelson, dan Tasic Ljubica. 2013. Nanocellulose and Bioethanol Production from Orange Waste using Isolated Microorganisms. *Chem. Soc.* 24(9): 1537–1543.
- Widyawati, N. 2012. “Analisa Pengaruh *Heating Rate* terhadap tingkat Kristal dan Ukuran Butir Lapisan BZT yang Ditumbuhkan dengan Metode *Sol Gel*.” Tidak Diterbitkan. Skripsi. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Winarno, FG. 1991. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Wirjosentono, B. 1996. *Analisis dan Karakterisasi Polimer*. Medan : USU Press.
- Xiang, Lee, Petterson, dan Torget. 2003. Heterogeneous Aspects of Acid Hydrolysis of α -Cellulose. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 107: 1- 3.
- Young, R. 1986. *Cellulosa Structure Modification and Hydrolysis*. New York: Wiley-Interscience.
- Zhang, Elder, Pu, dan Ragauskas. 2007. “Facile Sythesis of Spherical cellulose nanoparticles”. *Jurnal Carbohidrat Polymers*. 69(3): 607-611.

Zhou, Q., Brumer, H. dan T. T. Teeri. 2012. Self-Organisation of Cellulose Nanocrystals Adsorbed with Xyloglucan Oligosaccharide-Poly(ethylene glycol)-Polystyrene Triblock Copolymer. *Macromolecules*. 42(15): 5430–5432.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A. PERHITUNGAN PENGOLAHAN DATA

A.1 Pembuatan Larutan NaOH 17,5% (w/v)

$$\begin{aligned} \text{➤ } \% \text{ NaOH} &= \frac{\text{massa NaOH (g)}}{\text{Volume pelarut (mL)}} \\ &= \frac{17,5 \text{ gram}}{100 \text{ mL}} \\ &= 17,5 \% \end{aligned}$$

A.2 Pembuatan Larutan NaClO 0,7%

- Pengenceran NaClO dari induk 12%, volume yang diambil 5,8 mL :

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

$$12\% \cdot 5,8 \text{ mL} = M_2 \cdot 100 \text{ mL}$$

$$M_2 = 0,7 \%$$

A.3 Pembuatan Larutan Na₂SO₃ 5% (w/v)

$$\begin{aligned} \text{➤ } \% \text{ Na}_2\text{SO}_3 &= \frac{\text{massa Na}_2\text{SO}_3 \text{ (g)}}{\text{Volume pelarut (mL)}} \\ &= \frac{5 \text{ gram}}{100 \text{ mL}} \\ &= 5 \% \end{aligned}$$

A.4 Pembuatan Larutan H₂SO₄

- Pembuatan Larutan H₂SO₄ 50 %

Pengenceran H₂SO₄ dari induk (H₂SO₄ 98%), volume yang diambil 51 mL:

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

$$98 \% \cdot 51 \text{ mL} = M_2 \cdot 100 \text{ mL}$$

$$M_2 = 50 \%$$

A.5 Pembuatan Larutan NaOH 0,005 M

Diketahui : Mr NaOH = 40 g/mol

Massa kristal NaOH = 0,40 gram

$$n = \frac{\text{massa}}{Mr} = \frac{0,40 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0,010 \text{ mol}$$

$$M = \frac{n}{V} = \frac{0,010 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 0,10 \text{ M}$$

Selanjutnya, dilakukan pengenceran, volume yang diambil 10 mL :

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

$$0,10 \text{ M} \cdot 5 \text{ mL} = M_2 \cdot 100 \text{ mL}$$

$$M_2 = 0,005 \text{ M}$$

A.6 Pembuatan Larutan NaCl 0,0005 M

Diketahui : Mr NaCl = 58,5 g/mol

Massa kristal NaCl = 0,034 gram

$$n = \frac{\text{massa}}{Mr} = \frac{0,0146 \text{ g}}{58,5 \text{ g/mol}} = 0,00049 \text{ mol}$$

$$M = \frac{n}{V} = \frac{0,00025 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = 0,0005 \text{ M}$$

A.7 Pembuatan Larutan Asam Oksalat (C₂H₂O₄) 0,025 M

Diketahui : BM C₂H₂O₄·2H₂O = 126 g/mol

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

$$n = 0,025 \text{ mol/L} \times 0,05 \text{ L} = 0,0005 \text{ mol}$$

$$m = n \times \text{BM} = 0,0005 \text{ mol} \times 126 \text{ g/mol} = 0,1575 \text{ g}$$

Larutan C₂H₂O₄ 0,025 M dibuat dengan menimbang 0,1575 g kristal C₂H₂O₄ yang dilarutkan dalam 50 mL aquades.

A.8 Pembuatan Larutan HCl 0,025 M

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

BM = 36,5 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% = $118 \text{ g} \times \frac{37}{100} = 43,7 \text{ g}$

$$n = \frac{m}{BM} = \frac{43,7 \text{ g}}{36,5 \text{ g/mol}} = 1,20 \text{ mol}$$

$$M = \frac{n}{V} = \frac{1,20 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 12 \text{ M}$$

Dilakukan pengenceran larutan HCl induk, volume yang diambil 0,21 mL :

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

$$12 \text{ M} \cdot 0,21 \text{ mL} = M_2 \cdot 100 \text{ mL}$$

$$M_2 = 0,025 \text{ M}$$

A.9 Standarisasi Larutan NaOH 0,05 M dengan H₂C₂O₄ 0,025 M

$$\text{NaOH } 0,005 \text{ M} = 0,005 \text{ N}$$

$$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \text{ } 0,025 \text{ M} = 0,05 \text{ N}$$

Pengulangan 1, dibutuhkan volume NaOH sebanyak 20,9 mL

$$n \text{ NaOH} = n \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4$$

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$N_1 \cdot 19,6 \text{ mL} = 0,05 \text{ N} \cdot 2 \text{ mL}$$

$$N_1 = 0,0051 \text{ N}$$

Pengulangan 2, dibutuhkan volume NaOH sebanyak 19,3 mL

$$n \text{ NaOH} = n \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4$$

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$N_1 \cdot 19,3 \text{ mL} = 0,05 \text{ N} \cdot 2 \text{ mL}$$

$$N_1 = 0,0052 \text{ N}$$

Pengulangan 3, dibutuhkan volume NaOH sebanyak 19,8 mL

$$n \text{ NaOH} = n \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4$$

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$N_1 \cdot 19,8 \text{ mL} = 0,05 \text{ N} \cdot 2 \text{ mL}$$

$$N_1 = 0,0051 \text{ N}$$

Sehingga, konsentrasi rata-rata NaOH adalah :

$$N_{\text{NaOH}} = \frac{0,0051 \text{ N} + 0,0052 \text{ N} + 0,0051 \text{ N}}{3} = \frac{0,0154 \text{ N}}{3} = 0,0051 \text{ N}$$

A.10 Perolehan Rendemen (*yield*) Selulosa dan Nanoselulosa

- Rendemen Selulosa dari Ampas Tebu

Perolehan *Yield* dihitung menggunakan rumus : % *Yield* =

$$\frac{\text{massa hasil selulosa}}{\text{massa ampas tebu}} \times 100 \%$$

$$\% \text{ Yield} = \frac{4,35 \text{ gram}}{10 \text{ gram}} \times 100\% = 43,5 \%$$

➤ Rendemen nanoselulosa

Massa hasil nanoselulosa = 1,22 gram

$$\% \text{ Yield} = \frac{1,22 \text{ gram}}{10 \text{ gram}} \times 100\% = 12,2 \%$$

A.11 Pembuatan Larutan BSA Induk 1000 mg/L

Larutan BSA 1000mg/L dibuat dengan menimbang 0,1 gram BSA dan dilarutkan dalam 100mL akuades.

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

$$M_2 = \frac{M_1 \times V_1}{V_2} = \frac{1000 \text{ mg} \times 0,1 \text{ L}}{1 \text{ L}} = 100 \text{ mg} = 0,1 \text{ gram}$$

A.12 Pembuatan Larutan Standar BSA dari Larutan Induk BSA 1000mg/L

Diketahui: Larutan Induk BSA (M_1)= 1000mg/L

Volume labu ukur (V_2)= 10mL

➤ Larutan Standar BSA 100mg/L

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

$$1000 \text{ mg/L} \cdot V_1 = 100 \text{ mg/L} \cdot 10 \text{ mL}$$

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

➤ Larutan Standar BSA 200mg/L

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

$$1000 \text{ mg/L} \cdot V_1 = 200 \text{ mg/L} \cdot 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = 2,0 \text{ mL}$$

➤ Larutan Standar BSA 300mg/L

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

$$1000 \text{ mg/L} \cdot V_1 = 300 \text{ mg/L} \cdot 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = 3,0 \text{ mL}$$

➤ Larutan Standar BSA 400mg/L

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

$$1000\text{mg/L} \cdot V_1 = 100\text{mg/L} \cdot 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = 4,0 \text{ mL}$$

A.13 Pembuatan Larutan NaCl untuk variasi kekuatan ionik

- Pembuatan larutan NaCl 0,5 M

Diketahui : Mr NaCl = 58,5 g/mol

Massa kristal NaCl = 2,922 gram

$$n = \frac{\text{massa}}{\text{Mr}} = \frac{2,922 \text{ g}}{58,5 \text{ g/mol}} = 0,05 \text{ mol}$$

$$M = \frac{n}{V} = \frac{0,5 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 0,5 \text{ M}$$

Selanjutnya dilakukan pengenceran, dalam labu ukur (V_2)

- Larutan NaCl 0,02 M

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

$$0,5\text{M} \cdot V_1 = 0,02\text{M} \cdot 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = 2,0 \text{ mL}$$

- Larutan NaCl 0,04 M

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

$$0,5\text{M} \cdot V_1 = 0,04\text{M} \cdot 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = 4,0 \text{ mL}$$

- Larutan NaCl 0,06 M

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

$$0,5\text{M} \cdot V_1 = 0,06\text{M} \cdot 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = 6,0 \text{ mL}$$

- Larutan NaCl 0,08 M

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

$$0,5\text{M} \cdot V_1 = 0,08\text{M} \cdot 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = 8,0 \text{ mL}$$

- Larutan NaCl 0,1 M

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

$$0,5\text{M} \cdot V_1 = 0,1\text{M} \cdot 50 \text{ mL}$$

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

A.12 Pembuatan Larutan Buffer Sitrat Posfat pH 3, 4, 5, 6

Pembuatan buffer sitrat- posfat dibuat dari larutan asam sitrat 0,1 M dan larutan dinatrium hidrogen posfat 0,2 M.

➤ Pembuatan larutan Asam sitrat 0,1 M

Diketahui : Mr $C_6H_8O_7 \cdot H_2O = 210,14$ g/mol

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

$$n = 0,1 \text{ mol/L} \times 0,25 \text{ L} = 0,025 \text{ mol}$$

$$m = n \times BM = 0,025 \text{ mol} \times 210,14 \text{ g/mol} = 5,2535 \text{ g}$$

Larutan Asam sitrat 0,1 M dibuat dengan menimbang 5,2535 g $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$ yang dilarutkan dalam 250 mL aquades.

➤ Pembuatan larutan Na_2HPO_4 0,2 M

Diketahui : Mr $Na_2HPO_4 = 142$ g/mol

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

$$n = 0,2 \text{ mol/L} \times 0,25 \text{ L} = 0,05 \text{ mol}$$

$$m = n \times BM = 0,05 \text{ mol} \times 142 \text{ g/mol} = 7,1 \text{ g}$$

Larutan Dinatrium hidrogen pospat 0,2 M dibuat dengan menimbang 7,1 g Na_2HPO_4 yang dilarutkan dalam 250 mL aquades.

No.	pH	Larutan Asam Sitrat 0,1 M	Larutan Dinatrium Hidrogen Pospat 0,2 M
1.	3	±80	±20
2.	4	±60	±40
3.	4,7	±55	±45
4.	5	±50	±50
5.	6	±35	±65

A.13 Hasil Scanning Panjang Gelombang BSA

Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi			Rata- rata	SD
	I	II	III		
560	0,087	0,088	0,088	0,088	0,0006
570	0,121	0,120	0,120	0,120	0,0006
580	0,146	0,146	0,146	0,146	0,0000
582	0,159	0,158	0,158	0,158	0,0006
584	0,160	0,160	0,160	0,160	0,0000
586	0,162	0,162	0,162	0,162	0,0000
588	0,165	0,165	0,165	0,165	0,0000
590	0,166	0,166	0,166	0,166	0,0000
592	0,165	0,164	0,164	0,164	0,0006
594	0,163	0,163	0,162	0,163	0,0006
596	0,161	0,161	0,162	0,161	0,0006
598	0,159	0,160	0,160	0,160	0,0006
600	0,158	0,158	0,158	0,158	0,0000
610	0,151	0,151	0,150	0,151	0,0006
620	0,138	0,137	0,138	0,138	0,0006
630	0,120	0,121	0,121	0,121	0,0006
640	0,107	0,107	0,108	0,107	0,0006
650	0,091	0,092	0,092	0,092	0,0006

LAMPIRAN B. KARAKTERISASI NANOSELULOSA

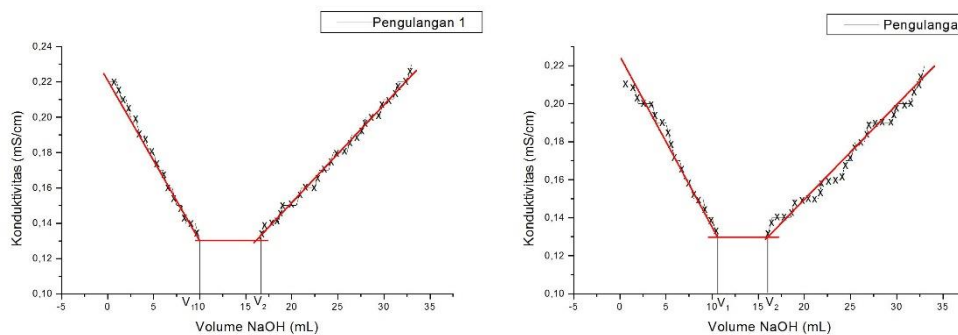
B.1 Titration Conductometry Nanocellulose

B.1.1 Hasil Data Mentah

Pengulangan 1		Pengulangan 2	
volume NaOH (mL)	konduktivitas (mS/cm)	volume NaOH (mL)	Konduktivitas (mS/cm)
0	0,22	0	0,21
1	0,22	1	0,21
1,5	0,21	1,5	0,21
2	0,21	2	0,2
2,5	0,2	2,5	0,2
3	0,2	3	0,2
3,5	0,19	3,5	0,2
4	0,19	4	0,19
4,5	0,18	4,5	0,19
5	0,18	5	0,19
5,5	0,17	5,5	0,18
6	0,17	6	0,17
6,5	0,16	6,5	0,17
7	0,16	7	0,16
7,5	0,15	7,5	0,16
8	0,15	8	0,15
8,5	0,14	8,5	0,15
9	0,14	9	0,15
9,5	0,14	9,5	0,14
10	0,13	10	0,14
10,5	0,13	10,5	0,13
11	0,13	11	0,13
11,5	0,13	11,5	0,13
12	0,13	12	0,13
12,5	0,13	12,5	0,13
13	0,13	13	0,13
13,5	0,13	13,5	0,13
14	0,13	14	0,13
14,5	0,13	14,5	0,13
15	0,13	15	0,13
15,5	0,13	15,5	0,13
16	0,13	16	0,13
16,5	0,13	16,5	0,14
17	0,14	17	0,14
17,5	0,14	17,5	0,14

18	0,14	18	0,14
18,5	0,14	18,5	0,14
19	0,15	19	0,15
19,5	0,15	19,5	0,15
20	0,15	20	0,15
20,5	0,15	20,5	0,15
21	0,16	21	0,15
21,5	0,16	21,5	0,15
22	0,16	22	0,16
22,5	0,16	22,5	0,16
23	0,17	23	0,16
23,5	0,17	23,5	0,16
24	0,17	24	0,16
24,5	0,18	24,5	0,17
25	0,18	25	0,17
25,5	0,18	25,5	0,18
26	0,18	26	0,18
26,5	0,19	26,5	0,18
27	0,19	27	0,19
27,5	0,19	27,5	0,19
28	0,2	28	0,19
28,5	0,2	28,5	0,19
29	0,2	29	0,19
29,5	0,2	29,5	0,19
30	0,21	30	0,2
30,5	0,21	30,5	0,2
31	0,21	31	0,2
31,5	0,22	31,5	0,2
32	0,22	32	0,21
32,5	0,22	32,5	0,21
33	0,23	33	0,22

B.1.2 Grafik Hasil Titrasi



B.1.3 Perhitungan Hasil Data

Jumlah gugus sulfat didapatkan dengan mengetahui volume NaOH yang diperlukan untuk membuat konduktivitas suspensi nanoselulosa konstan (V_1), selanjutnya dimasukkan ke dalam rumus :

$$-OSO_3^- \text{ (mmol/Kg)} = \frac{C \times (V_1 - V_0)}{m}$$

dimana: C = Konsentrasi NaOH (mM)
 V_0 = Volume teoritis yang diperlukan untuk titrasi (L)
 V_1 = Volume NaOH persimpangan pertama (L)
 m = massa nanoselulosa (Kg)

➤ V_0 diperoleh dari persamaan titrasi asam kuat basa kuat :

$$M_0 \cdot V_0 = M_1 \cdot V_1$$

dimana : M_1 = Konsentrasi HCl (M)
 V_1 = Volume HCl (L)
 M_0 = Konsentrasi NaOH (M)
 V_0 = Volume NaOH (L)

$$M_0 \cdot V_0 = M_1 \cdot V_1$$

$$0,005M \cdot V_0 = 0,025M \cdot 0,0005L$$

$$V_0 = \frac{0,025M \cdot 0,0005L}{0,005M}$$

$$V_0 = 0,0025 L$$

Diket :

$$C = 0,005 \text{ mol/L} \rightarrow 5 \text{ mmol/L}$$

$$m = 0,5 \text{ g} \rightarrow 0,0005 \text{ Kg}$$

$$\text{Volume NaOH pengulangan 1} = 10 \text{ mL} = 0,01 \text{ L}$$

$$\text{Volume NaOH pengulangan 2} = 10,5 \text{ mL} = 0,0105 \text{ L}$$

Pengulangan 1:

$$\begin{aligned} -OSO_3^- &= \frac{C \times (V_1 - V_0)}{m} \\ &= \frac{5 \text{ mmol/L} (0,01 - 0,0025 \text{ L})}{0,0005 \text{ Kg}} \\ &= 75 \text{ mmol/Kg} \end{aligned}$$

Pengulangan 2:

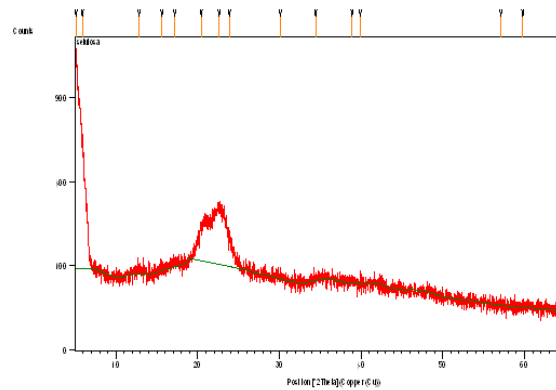
$$\begin{aligned} -OSO_3^- &= \frac{C \times (V_1 - V_0)}{m} \\ &= \frac{5 \text{ mmol/L} (0,0105 - 0,0025L)}{0,0005 \text{ Kg}} \\ &= 80 \text{ mmol/Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah gugus sulfat rata-rata} = \frac{75 \text{ mmol/Kg} + 80 \text{ mmol/Kg}}{2} = 77,5 \text{ mmol/Kg}$$

B.2 Analisis XRD

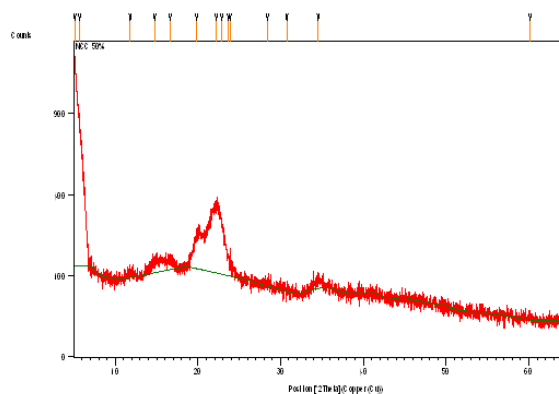
B.2.1 Hasil Data Analisis

➤ Analisis Selulosa Hasil Isolasi



Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
15.6376	10.09	0.3149	5.66695	0.84
22.6105	161.72	0.3744	3.93263	15.16
34.4295	4.67	0.9446	2.60492	0.39

➤ Analisis Nanoselulosa dengan hidrolisis asam sulfat 50 %



Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
16.6389	30.20	0.2298	5.32813	2.45
19.8048	136.12	0.0590	4.48298	11.02
22.1880	237.67	0.9446	4.00656	19.24
23.6861	60.58	0.0984	3.75643	4.90
23.8595	42.66	0.0787	3.72952	3.45
28.4040	6.88	0.7872	3.14231	0.56
30.7315	11.75	0.1181	2.90942	0.95
34.5390	23.92	0.3149	2.59691	1.94
60.1809	3.38	1.1520	1.53640	0.27

B.2.2 Perhitungan Data Hasil Analisis

Sampel	FWHM		Intensitas	
	Kristal	Amorf	Kristal	Amorf
Selulosa	0,5744	0,4723	171,72	52,78
NCC	0,4723	0,6298	237,67	30,20

Luas fraksi daerah kristalin dan amorf diperoleh dengan rumus :

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

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

Selanjutnya luas fraksi tersebut digunakan untuk menghitung derajat kristalinitas nanoselulosa (CrI), maka digunakan rumus :

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

➤ Perhitungan untuk Selulosa

$$\begin{aligned} \text{Luas Fraksi Kristal} &= \text{FWHM}_{\text{Kristal}} \times I_{\text{Kristal}} \\ &= 0,5744 \times 171,72 = 98,63 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Fraksi Amorf} &= \text{FWHM}_{\text{Amorf}} \times I_{\text{Amorf}} \\ &= 0,4723 \times 52,78 = 24,92 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CrI &= \frac{\text{Luas Fraksi Kristal}}{\text{Luas Fraksi Kristal} + \text{Luas Fraksi Amorf}} \times 100 \% \\ &= \frac{98,63}{98,63 + 24,92} \times 100 \% \\ &= 79,83 \% \end{aligned}$$

➤ Perhitungan untuk NCC 50

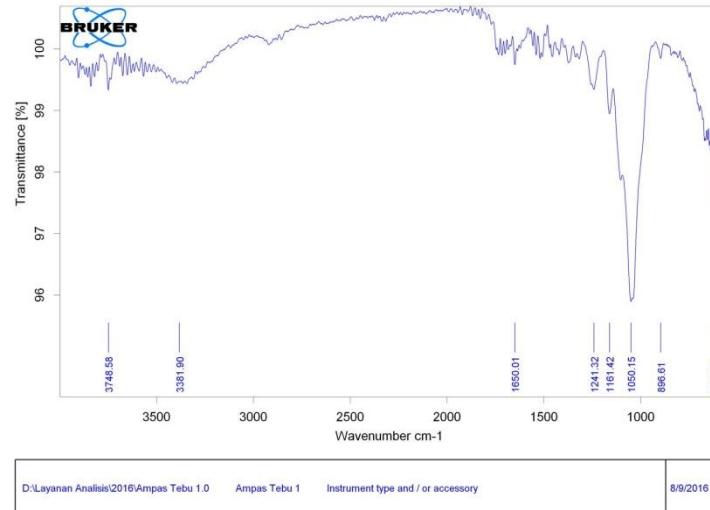
$$\begin{aligned} \text{Luas Fraksi Kristal} &= \text{FWHM}_{\text{Kristal}} \times I_{\text{Kristal}} \\ &= 0,4723 \times 237,67 = 112,252 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Fraksi Amorf} &= \text{FWHM}_{\text{Amorf}} \times I_{\text{Amorf}} \\ &= 0,6298 \times 30,20 = 19,019 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CrI &= \frac{\text{Luas Fraksi Kristal}}{\text{Luas Fraksi Kristal} + \text{Luas Fraksi Amorf}} \times 100 \% \\ &= \frac{112,252}{112,252 + 19,019} \times 100 \% \\ &= 85,51 \% \end{aligned}$$

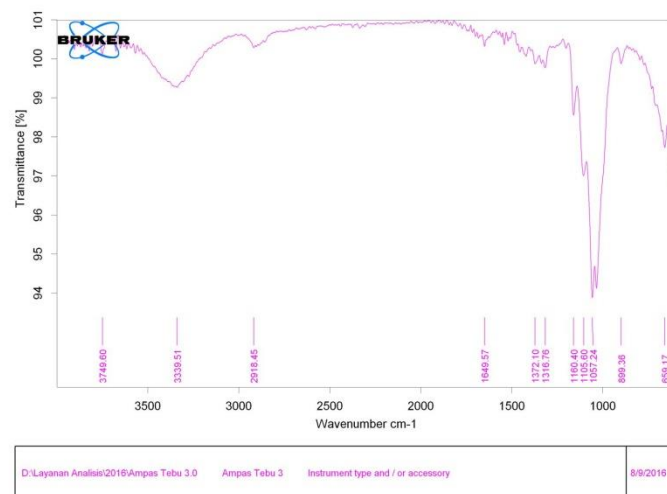
B.3 Hasil Spektrum Analisis FTIR

B.3.1 Spektrum IR untuk Ampas Tebu



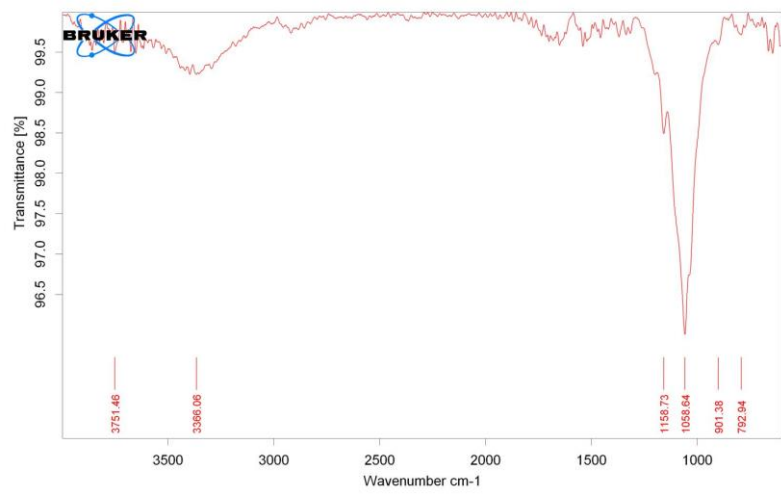
Page 1/1

B.3.2 Spektrum IR untuk Selulosa Hasil Isolasi



Page 1/1

B.3.3 Spektrum IR untuk Nanoselulosa



D:\Layanan Analisis\2016\NCC 55%.0	NCC 55%	Instrument type and / or accessory	12/19/2016
------------------------------------	---------	------------------------------------	------------

LAMPIRAN C. PERHITUNGAN ADSORPSI NANOSELULOSA

C.1 Hasil Pengolahan Data Adsorpsi
1.1 adsorpsi oleh Selulosa variasi pH

pH	Ulangan I	Ulangan II	q (I) (mg/g)	q (II) (mg/g)	rata-rata	%q (I)	%q (II)	rata-rata %q	SD
3	0,335	0,339	29,0	27,0	28,0	14,50	13,50	14,00	1,414
4	0,313	0,315	40,0	39,0	39,5	20,00	19,50	19,75	0,707
4,7	0,352	0,354	20,5	19,5	20,0	10,25	9,75	10,00	0,707
5	0,326	0,330	33,5	31,5	32,5	16,75	15,75	16,25	1,414
6	0,340	0,346	26,5	23,5	25,0	13,25	11,75	12,50	2,121

1.2 adsorpsi oleh nanoelulosa variasi pH

pH	ulangan I	ulangan II	q (I) (mg/g)	q (II) (mg/g)	rata-rata	%q (I)	%q (II)	rata-rata %q	SD
3	0,250	0,254	71,5	69,5	70,5	35,75	34,75	35,25	1,414
4	0,231	0,235	81,0	79,0	80,0	40,50	39,50	40,00	1,414
4,7	0,346	0,352	23,5	20,5	22,0	11,75	10,25	11,00	2,121
5	0,286	0,280	53,5	56,5	55,0	26,75	28,25	27,50	2,121
6	0,296	0,290	48,5	51,5	50,0	24,25	25,75	25,00	2,121

1.3 adsorpsi oleh selulosa variasi kekuatan ion

variasi konsentrasi ion	absorbansi (I)	Absorbansi (II)	q (I) (mg/g)	q (II) (mg/g)	rata-rata q	%q (I)	%q (II)	%q rata-rata	SD
0,02	0,287	0,283	53	55	54,0	26,5	27,5	27,00	1,414
0,04	0,297	0,303	48	45	46,5	24,0	22,5	23,25	2,121
0,06	0,321	0,327	36	33	34,5	18,0	16,5	17,25	2,121
0,08	0,337	0,331	28	31	29,5	14,0	15,5	14,75	2,121
0,10	0,369	0,371	12	11	11,5	6,0	5,5	5,75	0,707

1.4 adsorpsi oleh nanoselulosa variasi kekuatan ion

variasi konsentrasi ion	absorbansi (I)	Absorbansi (II)	q (I) (mg/g)	q (II) (mg/g)	q rata-rata	%q (I)	%q (II)	%q rata-rata	SD
0,02	0,185	0,183	104,0	105,0	104,5	52,00	32,50	42,25	0,707
0,04	0,265	0,273	64,0	60,0	62,0	32,00	30,00	31,00	2,828
0,06	0,272	0,284	60,5	54,5	57,5	30,25	27,25	28,75	4,243
0,08	0,287	0,291	53,0	51,0	52,0	26,50	25,50	26,00	1,414
0,10	0,298	0,294	47,5	49,5	48,5	23,75	24,75	24,25	1,414

C.2 Perhitungan Data Hasil Adsorpsi

1.1 Adsorpsi Selulosa Variasi pH 3; 4; 4,7; 5; 6

Diketahui : $y = 0,001x - 0,007$

➤ Adsorpsi Selulosa pH 3 Pengulangan I

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,335 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 342$$

Kapasitas adsorpsi selulosa pada pH 3 adalah 29 mg/g

$$\begin{aligned} q &= C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m} \\ &= \frac{(400 - 342)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g} \\ &= 58 mg \cdot \frac{0,05}{0,1g} \\ &= \frac{29 mg}{g} \end{aligned}$$

Persen adsorpsi selulosa pada pH 3 adalah 14,5%

$$\begin{aligned} \%q &= \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{(400 - 342)}{400} \times 100\% \\ &= 14,5\% \end{aligned}$$

➤ Adsorpsi Selulosa pH 3 Pengulangan II

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,339 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 346$$

Kapasitas adsorpsi selulosa pada pH 3 adalah 27 mg/g

$$\begin{aligned} q &= C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m} \\ &= \frac{(400 - 346)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g} \\ &= 54 mg \cdot \frac{0,05}{0,1g} \\ &= \frac{27 mg}{g} \end{aligned}$$

Persen adsorpsi selulosa pada pH 3 adalah 14,5%

$$\begin{aligned} \% q &= \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{(400 - 346)}{400} \times 100\% \\ &= 13,5\% \end{aligned}$$

➤ Adsorpsi Selulosa pH 4 Pengulangan I

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,313 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 320$$

Kapasitas adsorpsi selulosa pada pH 3 adalah 40 mg/g

$$\begin{aligned} q &= C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m} \\ &= \frac{(400 - 320)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g} \\ &= 80 mg \cdot \frac{0,05}{0,1g} \\ &= \frac{40 mg}{g} \end{aligned}$$

Persen adsorpsi selulosa pada pH 4 adalah 20%

$$\% q = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{(400 - 320)}{400} \times 100\%$$

$$= 20\%$$

➤ Adsorpsi Selulosa pH 4 Pengulangan II

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,315 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 322$$

Kapasitas adsorpsi selulosa pada pH 3 adalah 39 mg/g

$$q = C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m}$$

$$= \frac{(400 - 322)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g}$$

$$= 78 mg \cdot \frac{0,05}{0,1g}$$

$$= \frac{39 mg}{g}$$

Persen adsorpsi selulosa pada pH 4 adalah 20%

$$\% q = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{(400 - 322)}{400} \times 100\%$$

$$= 19,5 \%$$

➤ Adsorpsi Selulosa pH 4,7 Pengulangan I

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,346 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 353$$

Kapasitas adsorpsi selulosa pada pH 4,7 adalah 23,5 mg/g

$$q = C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m}$$

$$= \frac{(400 - 353)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g}$$

$$= 47 mg \cdot \frac{0,05}{0,1g}$$

$$= \frac{23,5 \text{ mg}}{\text{g}}$$

Persen adsorpsi selulosa pada pH 4 adalah 11,75%

$$\begin{aligned} \% q &= \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{(400 - 353)}{400} \times 100\% \\ &= 11,75\% \end{aligned}$$

➤ Adsorpsi Selulosa pH 4,7 Pengulangan I

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,352 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 359$$

Kapasitas adsorpsi selulosa pada pH 4,7 adalah 23,5 mg/g

$$\begin{aligned} q &= C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m} \\ &= \frac{(400 - 359) \text{ mg}}{\text{L}} \cdot \frac{0,05 \text{ L}}{0,1 \text{ g}} \\ &= 41 \text{ mg} \cdot \frac{0,05}{0,1 \text{ g}} \\ &= \frac{20,5 \text{ mg}}{\text{g}} \end{aligned}$$

Persen adsorpsi selulosa pada pH 4,7 adalah 10,25%

$$\begin{aligned} \% q &= \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{(400 - 359)}{400} \times 100\% \\ &= 10,25\% \end{aligned}$$

➤ Adsorpsi Selulosa pH 5 Pengulangan I

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,326 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 333$$

Kapasitas adsorpsi selulosa pada pH 5 adalah 33,5 mg/g

$$\begin{aligned}
 q &= C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m} \\
 &= \frac{(400 - 333)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g} \\
 &= 67 mg \cdot \frac{0,05}{0,1g} \\
 &= \frac{33,5 mg}{g}
 \end{aligned}$$

Persen adsorpsi selulosa pada pH 5 adalah 16,75%

$$\begin{aligned}
 \% q &= \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{(400 - 333)}{400} \times 100\% \\
 &= 16,75\%
 \end{aligned}$$

➤ Adsorpsi Selulosa pH 5 Pengulangan II

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,330 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 337$$

Kapasitas adsorpsi selulosa pada pH 5 adalah 31,5 mg/g

$$\begin{aligned}
 q &= C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m} \\
 &= \frac{(400 - 337)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g} \\
 &= 63 mg \cdot \frac{0,05}{0,1g} \\
 &= \frac{31,5 mg}{g}
 \end{aligned}$$

Persen adsorpsi selulosa pada pH 5 adalah 15,75%

$$\begin{aligned}
 \% q &= \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{(400 - 337)}{400} \times 100\% \\
 &= 15,75\%
 \end{aligned}$$

➤ Adsorpsi Selulosa pH 6 Pengulangan I

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,340 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 347$$

Kapasitas adsorpsi selulosa pada pH 6 adalah 26,5 mg/g

$$\begin{aligned} q &= C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m} \\ &= \frac{(400 - 347)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g} \\ &= 53 mg \cdot \frac{0,05}{0,1g} \\ &= \frac{26,5 mg}{g} \end{aligned}$$

Persen adsorpsi selulosa pada pH 6 adalah 13,25%

$$\begin{aligned} \% q &= \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{(400 - 347)}{400} \times 100\% \\ &= 13,25\% \end{aligned}$$

➤ Adsorpsi Selulosa pH 6 Pengulangan II

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,346 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 353$$

Kapasitas adsorpsi selulosa pada pH 6 adalah 23,5 mg/g

$$\begin{aligned} q &= C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m} \\ &= \frac{(400 - 353)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g} \\ &= 47 mg \cdot \frac{0,05}{0,1g} \\ &= \frac{23,5 mg}{g} \end{aligned}$$

Persen adsorpsi selulosa pada pH 6 adalah 11,75%

$$\% q = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{(400 - 353)}{400} \times 100\%$$

$$= 11,75\%$$

C.2 Adsorpsi Nanoselulosa Variasi pH 3; 4; 4,7; 5; 6

Diketahui : $y = 0,001x - 0,007$

➤ Adsorpsi Nanoselulosa pH 3 Pengulangan I

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,250 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 257$$

Kapasitas adsorpsi nanoselulosa pada pH 3 adalah 71,5 mg/g

$$q = C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m}$$

$$q = \frac{(400 - 257)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g}$$

$$q = 143mg \cdot \frac{0,05}{0,1g}$$

$$q = \frac{71,5mg}{g}$$

Persen adsorpsi nanoselulosa pada pH 3 adalah 35,75%

$$\% q = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{(400 - 257)}{400} \times 100\%$$

$$= 35,75\%$$

➤ Adsorpsi Nanoselulosa pH 3 Pengulangan II

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,254 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 261$$

Kapasitas adsorpsi nanoselulosa pada pH 3 adalah 69,5 mg/g

$$q = C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m}$$

$$q = \frac{(400 - 261)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g}$$

$$q = 139mg \cdot \frac{0,05}{0,1g}$$

$$q = \frac{69,5mg}{g}$$

Persen adsorpsi nanoselulosa pada pH 3 adalah 34,75%

$$\begin{aligned} \% q &= \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{(400 - 261)}{400} \times 100\% \\ &= 34,75\% \end{aligned}$$

➤ Adsorpsi Nanoselulosa pH 4 Pengulangan I

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,231 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 238$$

Kapasitas adsorpsi nanoselulosa pada pH 3 adalah 81 mg/g

$$q = C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m}$$

$$q = \frac{(400 - 238)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g}$$

$$q = 162mg \cdot \frac{0,05}{0,1g}$$

$$q = \frac{81 mg}{g}$$

Persen adsorpsi nanoselulosa pada pH 3 adalah 40,5%

$$\begin{aligned} \% q &= \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{(400 - 238)}{400} \times 100\% \\ &= 40,5 \% \end{aligned}$$

➤ Adsorpsi Nanoselulosa pH 4 Pengulangan I

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,231 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 238$$

Kapasitas adsorpsi nanoselulosa pada pH 3 adalah 81 mg/g

$$q = C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m}$$

$$q = \frac{(400 - 238)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g}$$

$$q = 162mg \cdot \frac{0,05}{0,1g}$$

$$q = \frac{81 mg}{g}$$

Persen adsorpsi nanoselulosa pada pH 3 adalah 40,5%

$$\% q = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{(400 - 238)}{400} \times 100\%$$

$$= 40,5 \%$$

➤ Adsorpsi Nanoselulosa pH 4 Pengulangan II

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,235 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 242$$

Kapasitas adsorpsi nanoselulosa pada pH 3 adalah 79 mg/g

$$q = C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m}$$

$$q = \frac{(400 - 242)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g}$$

$$q = 158mg \cdot \frac{0,05}{0,1g}$$

$$q = \frac{79 mg}{g}$$

Persen adsorpsi nanoselulosa pada pH 3 adalah 39,5%

$$\% q = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{(400 - 242)}{400} \times 100\%$$

$$= 39,5 \%$$

➤ Adsorpsi Nanoselulosa pH 4,7 Pengulangan I

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,346 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 353$$

Kapasitas adsorpsi nanoselulosa pada pH 4,7 adalah 23,5 mg/g

$$q = C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m}$$

$$q = \frac{(400 - 353)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g}$$

$$q = 47mg \cdot \frac{0,05}{0,1g}$$

$$q = \frac{23,5 mg}{g}$$

Persen adsorpsi nanoselulosa pada pH 4,7 adalah 10,25%

$$\% q = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{(400 - 353)}{400} \times 100\%$$

$$= 11,75\%$$

➤ Adsorpsi Nanoselulosa pH 4,7 Pengulangan II

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,352 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 359$$

Kapasitas adsorpsi nanoselulosa pada pH 4,7 adalah 20,5 mg/g

$$q = C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m}$$

$$q = \frac{(400 - 359)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g}$$

$$q = 41mg \cdot \frac{0,05}{0,1g}$$

$$q = \frac{20,5 mg}{g}$$

Persen adsorpsi nanoselulosa pada pH 4,7 adalah 10,25%

$$\% q = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{(400 - 359)}{400} \times 100\%$$

$$= 10,25\%$$

➤ Adsorpsi Nanoselulosa pH 5 pengulangan I

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,286 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 293$$

Kapasitas adsorpsi nanoselulosa pada pH 5 adalah 53,5 mg/g

$$q = C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m}$$

$$q = \frac{(400 - 293)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g}$$

$$q = 107mg \cdot \frac{0,05}{0,1g}$$

$$q = \frac{53,5 mg}{g}$$

Persen adsorpsi nanoselulosa pada pH 5 adalah 26,75%

$$\% q = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{(400 - 293)}{400} \times 100\%$$

$$= 26,75\%$$

➤ Adsorpsi Nanoselulosa pH 5 pengulangan II

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,280 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 287$$

Kapasitas adsorpsi nanoselulosa pada pH 5 adalah 56,5 mg/g

$$q = C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m}$$

$$q = \frac{(400 - 287)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g}$$

$$q = 113mg \cdot \frac{0,05}{0,1g}$$

$$q = \frac{56,5 mg}{g}$$

Persen adsorpsi nanoselulosa pada pH 5 adalah 26,75%

$$\% q = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{(400 - 287)}{400} \times 100\%$$

$$= 28,25\%$$

➤ Adsorpsi Nanoselulosa pH 6 pengulangan I

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,296 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 303$$

Kapasitas adsorpsi nanoselulosa pada pH 6 adalah 48,5 mg/g

$$q = C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m}$$

$$q = \frac{(400 - 303)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g}$$

$$q = 97mg \cdot \frac{0,05}{0,1g}$$

$$q = \frac{48,5mg}{g}$$

Persen adsorpsi nanoselulosa pada pH 6 adalah 29,25%

$$\% q = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{(400 - 303)}{400} \times 100\%$$

$$= 29,25\%$$

➤ Adsorpsi Nanoselulosa pH 6 pengulangan I

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,290 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 297$$

Kapasitas adsorpsi nanoselulosa pada pH 6 adalah 51,5 mg/g

$$q = C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m}$$

$$q = \frac{(400 - 297)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g}$$

$$q = 103mg \cdot \frac{0,05}{0,1g}$$

$$q = \frac{51,5mg}{g}$$

Persen adsorpsi nanoselulosa pada pH 6 adalah 29,25%

$$\% q = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{(400 - 297)}{400} \times 100\%$$

$$= 25,75\%$$

C.3 Adsorpsi Selulosa Variasi Kekuatan Ion

$$\text{Diketahui : } y = 0,001x - 0,007$$

➤ Adsorpsi Selulosa kekuatan ion 0,02 M pengulangan I

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,287 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 294$$

Kapasitas adsorpsi selulosa pada kekuatan ion 0,02 M adalah 53 mg/g

$$q = C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m}$$

$$= \frac{(400 - 294)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g}$$

$$= 106 \text{ mg} \cdot \frac{0,05}{0,1\text{g}}$$

$$= \frac{53 \text{ mg}}{\text{g}}$$

Persen adsorpsi selulosa pada kekuatan ion 0,02 M adalah 26,5%

$$\% q = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{(400 - 294)}{400} \times 100\%$$

$$= 26,5\%$$

➤ Adsorpsi Selulosa kekuatan ion 0,02 M pengulangan II

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,283 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 290$$

Kapasitas adsorpsi selulosa pada kekuatan ion 0,02 M adalah 55 mg/g

$$q = C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m}$$

$$= \frac{(400 - 290)\text{mg}}{\text{L}} \cdot \frac{0,05\text{L}}{0,1\text{g}}$$

$$= 110 \text{ mg} \cdot \frac{0,05}{0,1\text{g}}$$

$$= \frac{55 \text{ mg}}{\text{g}}$$

Persen adsorpsi selulosa pada kekuatan ion 0,02 M adalah 27,5%

$$\% q = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{(400 - 290)}{400} \times 100\%$$

$$= 27,5\%$$

➤ Adsorpsi Selulosa kekuatan ion 0,04 M pengulangan I

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,297 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 304$$

Kapasitas adsorpsi selulosa pada kekuatan ion 0,02 M adalah 48 mg/g

$$\begin{aligned}
 q &= C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m} \\
 &= \frac{(400 - 304)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g} \\
 &= 96 mg \cdot \frac{0,05}{0,1g} \\
 &= \frac{48 mg}{g}
 \end{aligned}$$

Persen adsorpsi selulosa pada kekuatan ion 0,04 M adalah 24%

$$\begin{aligned}
 \% q &= \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{(400 - 304)}{400} \times 100\% \\
 &= 24\%
 \end{aligned}$$

➤ Adsorpsi Selulosa kekuatan ion 0,04 M pengulangan II

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,303 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 310$$

Kapasitas adsorpsi selulosa pada kekuatan ion 0,02 M adalah 45 mg/g

$$\begin{aligned}
 q &= C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m} \\
 &= \frac{(400 - 310)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g} \\
 &= 90 mg \cdot \frac{0,05}{0,1g} \\
 &= \frac{45 mg}{g}
 \end{aligned}$$

Persen adsorpsi selulosa pada kekuatan ion 0,04 M adalah 22,5%

$$\begin{aligned}
 \% q &= \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{(400 - 310)}{400} \times 100\% \\
 &= 22,5\%
 \end{aligned}$$

- Adsorpsi Selulosa kekuatan ion 0,06 M pengulangan I

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,321 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 328$$

Kapasitas adsorpsi selulosa pada kekuatan ion 0,06 M adalah 36 mg/g

$$\begin{aligned} q &= C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m} \\ &= \frac{(400 - 328)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g} \\ &= 72 mg \cdot \frac{0,05}{0,1g} \\ &= \frac{36 mg}{g} \end{aligned}$$

Persen adsorpsi selulosa pada kekuatan ion 0,06 M adalah 18%

$$\begin{aligned} \% q &= \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{(400 - 328)}{400} \times 100\% \\ &= 18\% \end{aligned}$$

- Adsorpsi Selulosa kekuatan ion 0,06 M pengulangan II

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,327 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 334$$

Kapasitas adsorpsi selulosa pada kekuatan ion 0,06 M adalah 33 mg/g

$$\begin{aligned} q &= C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m} \\ &= \frac{(400 - 334)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g} \\ &= 66 mg \cdot \frac{0,05}{0,1g} \\ &= \frac{33 mg}{g} \end{aligned}$$

Persen adsorpsi selulosa pada kekuatan ion 0,06 M adalah 18%

$$\begin{aligned} \% q &= \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{(400 - 334)}{400} \times 100\% \\ &= 16,5\% \end{aligned}$$

➤ Adsorpsi Selulosa kekuatan ion 0,08 M pengulangan I

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,337 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 344$$

Kapasitas adsorpsi selulosa pada kekuatan ion 0,0 M adalah 28 mg/g

$$\begin{aligned} q &= C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m} \\ &= \frac{(400 - 344)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g} \\ &= 56 mg \cdot \frac{0,05}{0,1g} \\ &= \frac{28 mg}{g} \end{aligned}$$

Persen adsorpsi selulosa pada kekuatan ion 0,08 M adalah 14 %

$$\begin{aligned} \% q &= \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{(400 - 344)}{400} \times 100\% \\ &= 14\% \end{aligned}$$

➤ Adsorpsi Selulosa kekuatan ion 0,08 M pengulangan II

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,331 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 338$$

Kapasitas adsorpsi selulosa pada kekuatan ion 0,0 M adalah 31 mg/g

$$q = C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(400 - 338)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g} \\
 &= 62 mg \cdot \frac{0,05}{0,1g} \\
 &= \frac{31 mg}{g}
 \end{aligned}$$

Persen adsorpsi selulosa pada kekuatan ion 0,08 M adalah 15,5 %

$$\begin{aligned}
 \% q &= \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{(400 - 338)}{400} \times 100\% \\
 &= 15,5\%
 \end{aligned}$$

➤ Adsorpsi Selulosa kekuatan ion 0,10 M pengulangan I

$$\begin{aligned}
 y &= 0,001x - 0,007 \\
 0,369 &= 0,001x - 0,007 \\
 x &= 376
 \end{aligned}$$

Kapasitas adsorpsi selulosa pada kekuatan ion 0,10 M adalah 12 mg/g

$$\begin{aligned}
 q &= C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m} \\
 &= \frac{(400 - 376)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g} \\
 &= 24 mg \cdot \frac{0,05}{0,1g} \\
 &= \frac{12mg}{g}
 \end{aligned}$$

Persen adsorpsi selulosa pada kekuatan ion 0,10 M adalah 6%

$$\begin{aligned}
 \% q &= \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{(400 - 376)}{400} \times 100\% \\
 &= 6\%
 \end{aligned}$$

➤ Adsorpsi Selulosa kekuatan ion 0,10 M pengulangan II

$$\begin{aligned}
 y &= 0,001x - 0,007 \\
 0,371 &= 0,001x - 0,007
 \end{aligned}$$

$$x = 378$$

Kapasitas adsorpsi selulosa pada kekuatan ion 0,10 M adalah 11 mg/g

$$\begin{aligned} q &= C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m} \\ &= \frac{(400 - 378)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g} \\ &= 22 mg \cdot \frac{0,05}{0,1g} \\ &= \frac{11mg}{g} \end{aligned}$$

Persen adsorpsi selulosa pada kekuatan ion 0,10 M adalah 5,5%

$$\begin{aligned} \% q &= \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{(400 - 378)}{400} \times 100\% \\ &= 5,5\% \end{aligned}$$

C.4 Adsorpsi Nanoselulosa Variasi Kekuatan Ion

$$\text{Diketahui : } y = 0,001x - 0,007$$

➤ Adsorpsi Nanoselulosa kekuatan ion 0,02 M pengulangan I

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,185 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 192$$

Kapasitas adsorpsi nanoselulosa pada kekuatan ion 0,02 M adalah 104 mg/g

$$\begin{aligned} q &= C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m} \\ &= \frac{(400 - 192)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g} \\ &= 208 mg \cdot \frac{0,05}{0,1g} \\ &= \frac{104 mg}{g} \end{aligned}$$

Persen adsorpsi nanoselulosa pada kekuatan ion 0,02 M adalah 52%

$$\begin{aligned} \% q &= \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{(400 - 192)}{400} \times 100\% \\ &= 52\% \end{aligned}$$

➤ Adsorpsi Nanoselulosa kekuatan ion 0,02 M pengulangan II

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,183 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 190$$

Kapasitas adsorpsi nanoselulosa pada kekuatan ion 0,02 M adalah 105 mg/g

$$\begin{aligned} q &= C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m} \\ &= \frac{(400 - 190)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g} \\ &= 210 mg \cdot \frac{0,05}{0,1g} \\ &= \frac{105 mg}{g} \end{aligned}$$

Persen adsorpsi nanoselulosa pada kekuatan ion 0,02 M adalah 52%

$$\begin{aligned} \% q &= \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{(400 - 190)}{400} \times 100\% \\ &= 52,5\% \end{aligned}$$

➤ Adsorpsi Nanoselulosa kekuatan ion 0,04 M pengulangan I

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,265 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 272$$

Kapasitas adsorpsi nanoselulosa pada kekuatan ion 0,04 M adalah 64 mg/g

$$q = C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(400 - 272)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g} \\
 &= 128 mg \cdot \frac{0,05}{0,1g} \\
 &= \frac{64 mg}{g}
 \end{aligned}$$

Persen adsorpsi nanoselulosa pada kekuatan ion 0,04 M adalah 32%

$$\begin{aligned}
 \% q &= \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{(400 - 272)}{400} \times 100\% \\
 &= 32\%
 \end{aligned}$$

➤ Adsorpsi Nanoselulosa kekuatan ion 0,04 M pengulangan II

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,273 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 280$$

Kapasitas adsorpsi nanoselulosa pada kekuatan ion 0,04 M adalah 60 mg/g

$$\begin{aligned}
 q &= C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m} \\
 &= \frac{(400 - 280)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g} \\
 &= 120 mg \cdot \frac{0,05}{0,1g} \\
 &= \frac{60 mg}{g}
 \end{aligned}$$

Persen adsorpsi nanoselulosa pada kekuatan ion 0,04 M adalah 30%

$$\begin{aligned}
 \% q &= \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{(400 - 280)}{400} \times 100\% \\
 &= 30\%
 \end{aligned}$$

➤ Adsorpsi Nanoselulosa kekuatan ion 0,06 M pengulangan I

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,272 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 279$$

Kapasitas adsorpsi nanoselulosa pada kekuatan ion 0,06 M adalah 60,5 mg/g

$$\begin{aligned} q &= C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m} \\ &= \frac{(400 - 279)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g} \\ &= 121 mg \cdot \frac{0,05}{0,1g} \\ &= \frac{60,5 mg}{g} \end{aligned}$$

Persen adsorpsi nanoselulosa pada kekuatan ion 0,06 M adalah 30,25%

$$\begin{aligned} \% q &= \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{(400 - 279)}{400} \times 100\% \\ &= 30,25\% \end{aligned}$$

➤ Adsorpsi Nanoselulosa kekuatan ion 0,06 M pengulangan II

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,284 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 291$$

Kapasitas adsorpsi nanoselulosa pada kekuatan ion 0,06 M adalah 54,5 mg/g

$$\begin{aligned} q &= C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m} \\ &= \frac{(400 - 291)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g} \\ &= 109 mg \cdot \frac{0,05}{0,1g} \\ &= \frac{54,5 mg}{g} \end{aligned}$$

Persen adsorpsi nanoselulosa pada kekuatan ion 0,06 M adalah 27,25%

$$\% q = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{(400 - 291)}{400} \times 100\%$$

$$= 27,25\%$$

- Adsorpsi Nanoselulosa kekuatan ion 0,08 M pengulangan I

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,287 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 294$$

Kapasitas adsorpsi nanoselulosa pada kekuatan ion 0,08 M adalah 53 mg/g

$$q = C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m}$$

$$= \frac{(400 - 294)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g}$$

$$= 106 mg \cdot \frac{0,05}{0,1g}$$

$$= \frac{53 mg}{g}$$

Persen adsorpsi nanoselulosa pada kekuatan ion 0,08 M adalah 26,5%

$$\% q = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{(400 - 294)}{400} \times 100\%$$

$$= 26,5\%$$

- Adsorpsi Nanoselulosa kekuatan ion 0,08 M pengulangan II

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,291 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 298$$

Kapasitas adsorpsi nanoselulosa pada kekuatan ion 0,08 M adalah 51 mg/g

$$q = C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m}$$

$$= \frac{(400 - 298)mg}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g}$$

$$= 102 mg \cdot \frac{0,05}{0,1g}$$

$$= \frac{51 \text{ mg}}{g}$$

Persen adsorpsi nanoselulosa pada kekuatan ion 0,08 M adalah 25,5%

$$\begin{aligned} \% q &= \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{(400 - 298)}{400} \times 100\% \\ &= 25,5\% \end{aligned}$$

➤ Adsorpsi Nanoselulosa kekuatan ion 0,10 M

$$y = 0,001x - 0,007$$

$$0,294 = 0,001x - 0,007$$

$$x = 301$$

Kapasitas adsorpsi nanoselulosa pada kekuatan ion 0,10 M adalah 49,5

mg/g

$$\begin{aligned} q &= C_0 - C_e \cdot \frac{V}{m} \\ &= \frac{(400 - 301) \text{ mg}}{L} \cdot \frac{0,05L}{0,1g} \\ &= 99 \text{ mg} \cdot \frac{0,05}{0,1g} \\ &= \frac{49,5 \text{ mg}}{g} \end{aligned}$$

Persen adsorpsi nanoselulosa pada kekuatan ion 0,10 M adalah 24,75%

$$\begin{aligned} \% q &= \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{(400 - 301)}{400} \times 100\% \\ &= 24,75\% \end{aligned}$$