



**ADSORPSI *BOVINE SERUM ALBUMIN* (BSA) PADA
SELULOSA BAKTERI TERMODIFIKASI SECARA
HIDROLISIS ASAM:
STUDI PENGARUH WAKTU KONTAK DAN pH**

SKRIPSI

Oleh
Fitri Sulistiyowati
NIM 131810301043

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**ADSORPSI *BOVINE SERUM ALBUMIN* (BSA) PADA
SELULOSA BAKTERI TERMODIFIKASI SECARA
HIDROLISIS ASAM:
STUDI PENGARUH WAKTU KONTAK DAN pH**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan program studi kimia (S1)
dan mencapai gelar sarjana sains

Oleh
Fitri Sulistiyowati
NIM 131810301043

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Sriyatun dan Ayahanda Kasdan yang tercinta;
2. kakak-kakaku Suyono, Sumarno, Edi Santoso dan Adikku Nur Wantiningsih;
3. kakak-kakak iparku Nur Subiyati, Mila Yusnita dan Puspitasari Parmaji;
4. segenap keluarga yang ada di Blora dan Jakarta;
5. guru-guru TK Pertiwi Genjahan, SDN II Genjahan, SMPN 1 Jiken dan SMAN 1 Jepon serta dosen-dosen di Jurusan Kimia Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran;
6. almamater Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
7. teman-temanku Titanium 2013;

MOTTO

Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat”.

(terjemahan Surat Al-Mujadalah ayat 11) *)

’Barang siapa keluar untuk mencari ilmu maka dia berada di jalan Allah‘

(HR.Turmudzi **)

"Musuh yang paling berbahaya di atas dunia ini adalah penakut dan bimbang. Teman yang paling setia, hanyalah keberanian dan keyakinan yang teguh"

(Andrew Jackson) ***)

-
- *) Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. Al Qur'an dan Terjemahannya. Semarang: PT. Kumudasmoro Grafindo.
- **) Al-Tirmidziy, Muhammad bin Musa bin Tsaurah, *Sunan al-Tirmidziy*, Beirut: Dâral-Fikr.
- ***) Andrew, J., 2006, *Leadership, The Complete Ideal's Guides, Edisi ke 2*. Jakarta: Prenada Media.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fitri Sulistiyowati

NIM : 131810301043

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Adsorpsi *Bovine Serum Albumin* (BSA) pada Selulosa Bakteri Termodifikasi secara Hidrolisis Asam: Studi Pengaruh Waktu Kontak dan pH” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 31 Oktober 2017

Yang Menyatakan

Fitri Sulistiyowati

NIM 131810301043

SKRIPSI

**ADSORPSI *BOVINE SERUM ALBUMIN* (BSA) PADA
SELULOSA BAKTERI TERMODIFIKASI SECARA
HIDROLISIS ASAM:
STUDI PENGARUH WAKTU KONTAK DAN pH**

Oleh

Fitri Sulistiyowati
NIM 131810301043

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Dwi Indarti, S.Si., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Adsorpsi *Bovine Serum Albumin* (BSA) pada Selulosa Bakteri Termodifikasi secara Hidrolisis Asam: Studi Pengaruh Waktu Kontak dan pH” karya Fitri Sulistiyowati telah diuji dan disahkan pada :

hari, Tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Jember

Tim Penguji

Ketua,

Anggota I,

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

Dwi Indarti, S.Si., M.Si.
NIP. 197409012000032004

Anggota II,

Anggota III,

Drs. Sudarko, Ph.D.
NIP. 196903121992031002

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

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember,

Drs. Sujito, Ph.D.
NIP. 196102041987111001

RINGKASAN

Adsorpsi Bovine Serum Albumin (BSA) pada Selulosa Bakteri Termodifikasi secara Hidrolisis Asam: Studi Pengaruh Waktu Kontak dan pH; Fitri Sulistiyowati, 131810301043; 2017: 53 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Selulosa bakteri dimodifikasi untuk meningkatkan kristalinitas melalui hidrolisis asam kuat yakni asam klorida. Hidrolisis asam klorida ini akan memutus ikatan 1,4- β glikosida pada bagian amorf sehingga dihasilkan selulosa dengan ukuran lebih pendek dan kristalinitas yang tinggi. Proses hidrolisis asam pada selulosa yang disertai dengan ultrasonikasi akan membuat selulosa bakteri memiliki kristalinitas yang lebih tinggi, ukuran yang lebih kecil dan terdispersi dalam larutan dengan baik. Selulosa bakteri yang dimodifikasi ini digunakan untuk mengadsorpsi protein *Bovine Serum Albumin* (BSA), yang diharapkan dapat memiliki kemampuan adsorpsi yang besar. Kemampuan adsorpsi protein BSA pada suatu adsorben juga dipengaruhi oleh kondisi adsorpsi seperti waktu kontak dan pH.

Selulosa bakteri dimodifikasi dengan hidrolisis asam klorida 6 M pada suhu 70°C selama 2 jam. Modifikasi selulosa bakteri ditambahkan perlakuan ultrasonikasi yang merupakan suatu metode mekanik yang biasanya dikombinasikan dengan hidrolisis asam. Ultrasonikasi yang digunakan Sonifier Branson 250-S dengan elektrik 250 W, 110 V, 3 A selama 15 menit dengan cara 3x5 menit. Selulosa bakteri dan selulosa bakteri termodifikasi kemudian dikarakterisasi gugus fungsinya dengan FTIR, kristalinitasnya dengan XRD, dan jumlah muatan dengan titrasi konduktometri. Selulosa bakteri dan selulosa bakteri termodifikasi diamati kemampuan adsorpsi BSA pada variasi waktu kontak 60, 90, 120, 150 dan 180 menit serta pH 3, 4, 5 dan 6.

Hasil dari analisis gugus fungsi dengan FTIR menunjukkan tidak adanya perbedaan pada bilangan gelombang yang muncul pada selulosa bakteri dan

selulosa bakteri termodifikasi. Hal ini menunjukkan tidak adanya perubahan gugus fungsi yang baru selama proses modifikasi. Selulosa bakteri termodifikasi secara analisis XRD menunjukkan derajat kristalinitas yang lebih tinggi yaitu 87,72% dibandingkan dengan selulosa bakteri yang memiliki derajat kristalinitas 84,48%. Gugus muatan karboksil (COO^-) pada selulosa bakteri termodifikasi sebanyak 9 mmol/Kg yang dihasilkan dari oksidasi alkohol primer selama hidrolisis asam berlangsung.

Kemampuan adsorpsi protein BSA pada selulosa bakteri dan selulosa bakteri termodifikasi dari waktu 60 menit ke waktu 90 menit menunjukkan peningkatan yang signifikan, dan waktu 90 menit sampai 180 menit kemampuan adsorpsi cenderung tidak jauh berbeda. Hal ini menunjukkan waktu 90 menit adalah waktu di mana mulai terjadi kesetimbangan adsorpsi. Kemampuan adsorpsi saat mulai terjadi kesetimbangan, yaitu 90 menit, pada selulosa bakteri termodifikasi lebih tinggi yakni 34,60 mg/g, sedangkan pada selulosa bakteri 11,68 mg/g. Kemampuan adsorpsi protein BSA pada selulosa bakteri dan selulosa bakteri termodifikasi yang besar sama-sama terjadi pada pH 3. Selulosa bakteri termodifikasi memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih besar yakni 76,47 mg/g, dan selulosa bakteri memiliki kemampuan adsorpsi 60,85 mg/g. Hasil dari kemampuan adsorpsi protein BSA pada selulosa bakteri maupun selulosa bakteri termodifikasi menunjukkan bahwa perlakuan modifikasi selulosa bakteri dapat meningkatkan kemampuan adsorpsinya.

PRAKATA

Puji syukur alhamdulillah ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Adsorpsi *Bovine Serum Albumin* (BSA) pada Selulosa Bakteri Termodifikasi secara Hidrolisis Asam: Studi Pengaruh Waktu Kontak dan pH”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Sujito, Ph.D selaku Dekan Fakultas MIPA Universitas Jember;
2. Bapak Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Jember;
3. Bapak Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ibu Dwi Indarti, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah memberikan arahan dan bimbingan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini;
4. Bapak Drs. Sudarko, Ph.D selaku Dosen Penguji I dan Ibu Tanti Haryati, S.Si., M.Si selaku Dosen Penguji II, yang telah meluangkan waktunya guna menguji, serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
5. Bapak Drs. Achmad Sjaifullah, M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa di Kimia;
6. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menerima segala bentuk kritik dan saran yang sifatnya membangun. Akhirnya penulis berharap, semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan.

Jember, Oktober 2017

Penulis

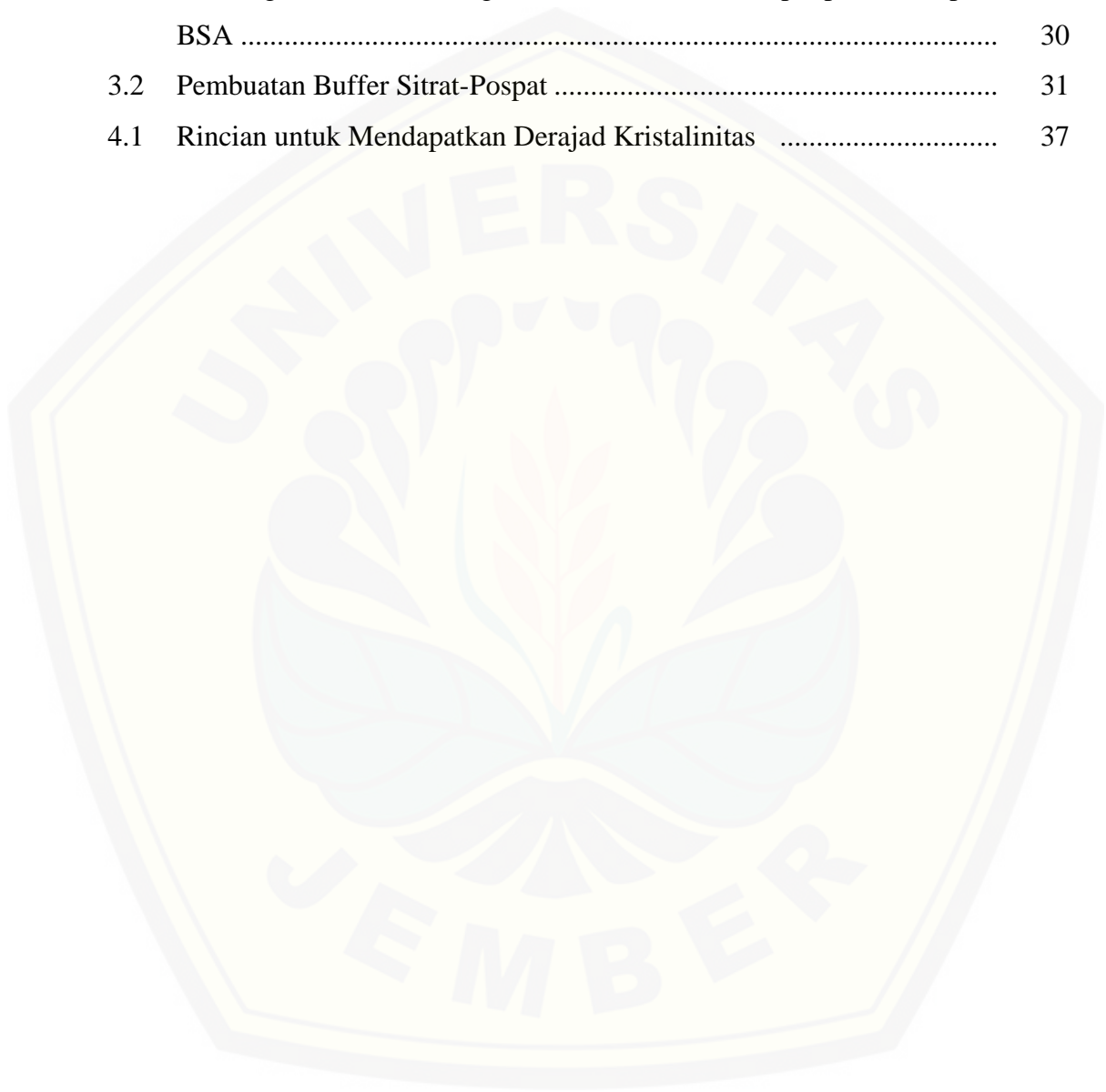
DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---------------------------------------------------------------------------|---------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | ii |
| HALAMAN MOTO | iii |
| HALAMAN PERNYATAAN | iv |
| HALAMAN PEMBIMBINGAN | v |
| HALAMAN PENGESAHAN | vi |
| RINGKASAN | vii |
| HALAMAN PRAKATA | ix |
| DAFTAR ISI | x |
| DAFTAR TABEL | xii |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiv |
| | |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah | 3 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 4 |
| | |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Nata De Coco | 5 |
| 2.2 Selulosa | 6 |
| 2.2.1 Struktur Selulosa | 6 |
| 2.2.2 Sifat Fisik-Kimia Selulosa | 7 |
| 2.2.3 Sumber Selulosa..... | 8 |
| 2.3 Selulosa Bakteri | 9 |
| 2.4 Modifikasi Selulosa Bakteri dengan Hidrolisis Asam | 11 |
| 2.5 Ultrasonikasi | 13 |
| 2.6 Karakterisasi Selulosa Bakteri dan Selulosa Termodifikasi.. .. | 13 |
| 2.6.1 <i>X-Ray Diffractometry (XRD)</i> | 14 |
| 2.6.2 <i>Fourier Transform Infrared (FTIR)</i> | 15 |
| 2.6.3 Titrasi Konduktometri..... | 17 |
| 2.7 Adsorpsi Protein | 18 |
| 2.7.1 Pengertian dan Jenis-jenis Adsorpsi Protein..... | 18 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.7.2 Adsorpsi Protein..... | 19 |
| 2.8 Bovine Serum Albumin (BSA) | 20 |
| 2.9 Spektrometer Visible..... | 21 |
| BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN | 23 |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian | 23 |
| 3.2 Alat dan Bahan | 23 |
| 3.2.1 Alat..... | 23 |
| 3.2.2 Bahan | 23 |
| 3.3 Diagram Alir Penelitian | 24 |
| 3.4 Prosedur Penelitian | 25 |
| 3.4.1 Preparasi Serbuk Selulosa Bakteri dari Nata De Coco | 25 |
| 3.4.2 Proses Hidrolisis Asam..... | 25 |
| 3.4.3 Karakterisasi FTIR, XRD dan Titrasi Konduktometri | 26 |
| 3.4.4 Analisis Adsorpsi Protein | 29 |
| 3.4.5 Penentuan Kemampuan Adsorpsi BSA pada Adsorben..... | 32 |
| BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN | 33 |
| 4.1 Karakteristik Selulosa Bakteri dan Selulosa Bakteri | |
| Termodifikasi | 33 |
| 4.1.1 Gugus Fungsi Berdasarkan FTIR | 34 |
| 4.1.2 Kristalinitas Berdasarkan XRD | 36 |
| 4.1.3 Gugus Muatan Menggunakan Titrasi Konduktometri | 38 |
| 4.2 Adsorpsi Protein pada Selulosa Bakteri dan Selulosa Bakteri | |
| Termodifikasi | 40 |
| 4.1.1 Pengaruh Waktu Kontak..... | 41 |
| 4.1.2 Pengaruh pH | 43 |
| BAB 5. PENUTUP..... | 46 |
| 5.1 Kesimpulan | 46 |
| 5.2 Saran | 46 |
| DAFTAR PUSTAKA | 47 |
| LAMPIRAN | 53 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 2.1 Kandungan Selulosa pada Beberapa Sumber | 8 |
| 3.1 Rancangan Penelitian Pengaruh Waktu Kontak dan pH pada adsorpsi BSA | 30 |
| 3.2 Pembuatan Buffer Sitrat-Pospat | 31 |
| 4.1 Rincian untuk Mendapatkan Derajat Kristalinitas | 37 |

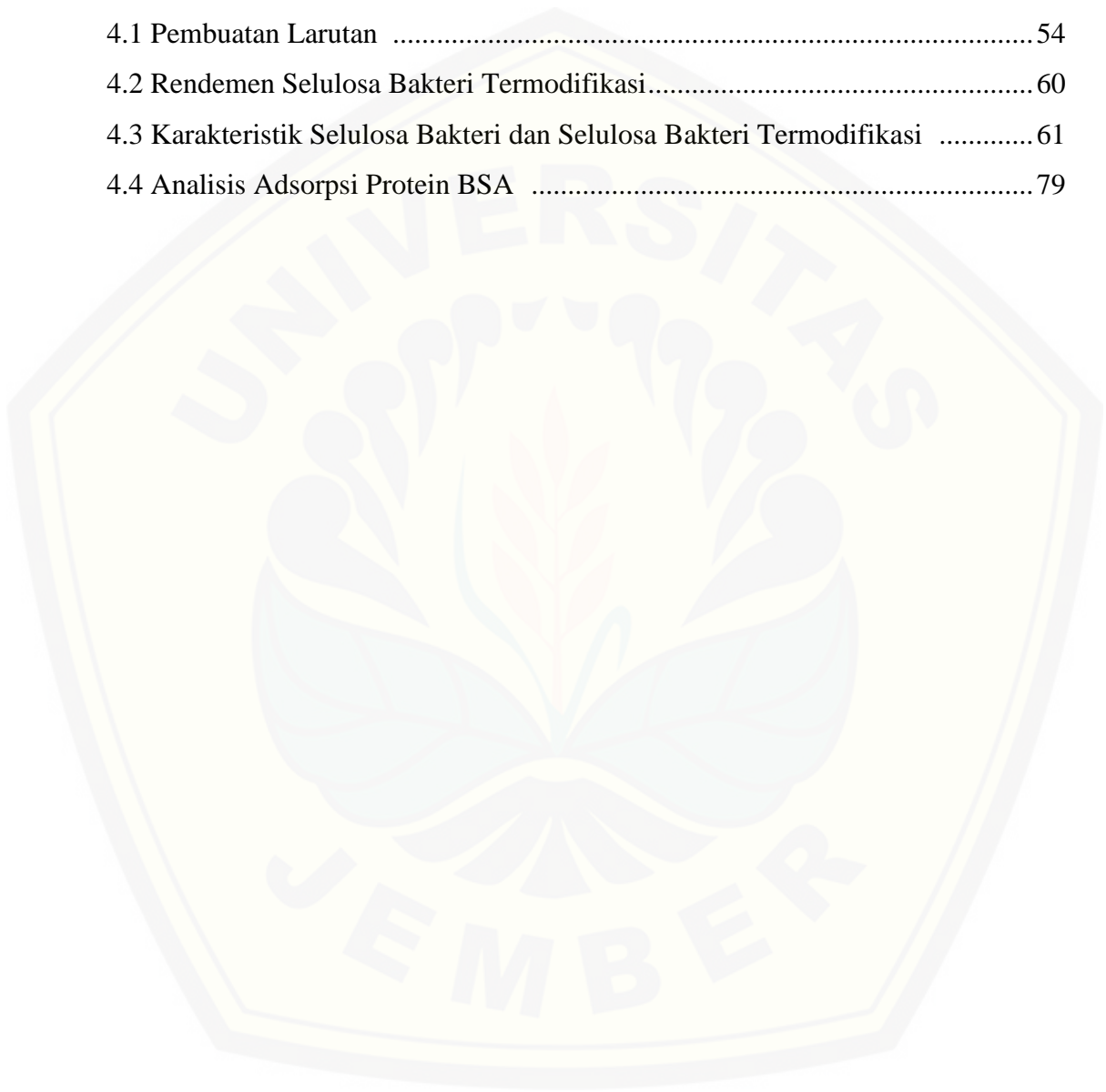


DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 2.1 Nata De Coco | 5 |
| 2.2 Struktur Selulosa | 6 |
| 2.3 Jalur Sintesis Selulosa oleh <i>Acetobacter Xylinum</i> | 10 |
| 2.4 Mekanisme Modifikasi Selulosa dengan Hidrolisis Asam | 11 |
| 2.5 Selulosa yang dihasilkan hidrolisis asam yang berbeda | 12 |
| 2.6 Reaksi Hidrolisis Selulosa dengan Asam Klorida yang Diikuti Oksidasi . | 12 |
| 2.7 Efek Kavitasi Akustik pada Ultrasonikasi | 13 |
| 2.8 Skema XRD pada Kristal | 14 |
| 2.9 XRD Selulosa Bakteri dan Selulosa Bakteri Hasil Hidrolisis Asam | 15 |
| 2.10 Spektrum FTIR Selulosa Bakteri dan Selulosa Bakteri Teroksidasi | 16 |
| 2.11 Kurva Titrasi Konduktometri | 17 |
| 2.12 Ilustrasi Adsorpsi Protein | 19 |
| 2.13 Penyerapan Cahaya Oleh Sampel | 22 |
| 3.1 Preparasi Selulosa Bakteri dan Modifikasi Selulosa Bakteri serta Adsorpsi Protein..... | 24 |
| 3.2 Kurva Titrasi Konduktometri | 28 |
| 4.1 Hasil Modifikasi Selulosa Bakteri | 33 |
| 4.2 Reaksi Hidrolisis Selulosa Bakteri oleh Asam Klorida dan Oksidasi | 34 |
| 4.3 Spektrum FTIR dari Selulosa Bakteri dan Selulosa Bakteri Termodifikasi..... | 35 |
| 4.4 Difraktogram XRD Selulosa Bakteri dan Selulosa Bakteri Termodifikasi | 37 |
| 4.5 Kurva Titrasi Konduktometri Selulosa Bakteri Termodifikasi | 38 |
| 4.6 Kurva <i>Scanning</i> Panjang Gelombang Larutan BSA | 41 |
| 4.7 Kurva Pengaruh Waktu Kontak terhadap Adsorpsi BSA pada Selulosa Bakteri dan Selulosa Bakteri Termodifikasi | 41 |
| 4.8 Protein pada pH di bawah, pada dan di atas titik isoelektrik | 43 |
| 4.9 Kurva Pengaruh pH terhadap Adsorpsi BSA..... | 43 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------|
| 4.1 Pembuatan Larutan | 54 |
| 4.2 Rendemen Selulosa Bakteri Termodifikasi..... | 60 |
| 4.3 Karakteristik Selulosa Bakteri dan Selulosa Bakteri Termodifikasi | 61 |
| 4.4 Analisis Adsorpsi Protein BSA | 79 |



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Selulosa merupakan biopolimer yang terbarukan (*renewable*), mudah diuraikan (*biodegradable*), dan dapat diterima oleh jaringan tubuh (*biocompatible*). Selulosa dapat diperoleh dari aktivitas bakteri seperti *Acetobacter Xylinium* yang biasanya disebut dengan selulosa bakteri. Selulosa bakteri dapat dijumpai pada *Nata De Coco* (Jonas dan Farah, 1998). Selulosa bakteri memiliki serat halus, kristalinitas tinggi dan kemampuan penyerapan yang tinggi serta memiliki tingkat kemurnian yang tinggi karena tidak berasosiasi dengan polimer lain seperti hemiselulosa, lignin, dan pektin (Esa *et al.*, 2014). Selulosa yang diayak dengan ukuran 60 mesh akan menghasilkan ukuran partikel 50-100 μm (Rowe *et al.*, 2009).

Selulosa bakteri dalam aplikasinya dapat dimodifikasi untuk meningkatkan luas permukaan, porositas, kristalinitas serta mekaniknya melalui hidrolisis asam kuat seperti asam klorida. Hidrolisis asam kuat umumnya menyerang pada bagian amorf, sehingga dihasilkan selulosa yang lebih pendek dengan kristalinitas tinggi (Wicaksono, 2013). Proses hidrolisis asam pada selulosa yang ditambahkan dengan treatment ultrasonikasi dapat meningkatkan derajat kristalinitas dari selulosa (Barbash *et al.*, 2016).

Hidrolisis selulosa komersil dengan asam klorida 6 M, perbandingan selulosa dan asam (1:60) disertai ultrasonikasi dengan *high power ultrasonic irradiation* 10 menit menghasilkan selulosa dengan derajat kristalinitas sebesar 84,3 % dari awalnya 76,2 %, ukuran panjang 106 nm, lebar 12 nm serta *yield* 94% (Yu *et al.*, 2013). Proses hidrolisis asam pada selulosa menghasilkan derajat kristalinitas 78,3 % dari awalnya 75 % dengan ditambah treatment ultrasonikasi meningkat menjadi 79,8% (Barbash *et al.*, 2016). Ultrasonikasi selulosa bakteri hasil hidrolisis HCl menggunakan *ultrasonic XL 2020 misonix 550 W, Electrical: 220 V, 50/60 Hz, 8 A* selama 1 menit menghasilkan selulosa bakteri ukuran 855 nm (Kalashnikova *et al.*, 2011). Treatment ultrasonikasi pada selulosa dari rumput yang dilakukan 5-10 menit memiliki tingkat aglomerasi tinggi.

Ultrasonikasi yang dilakukan selama 15 menit hasilnya selulosa terdispersi baik dan tingkat aglomerasi rendah serta menghasilkan lebar 10 nm dan panjang 200 nm (Pandey *et al.*, 2009). Ultrasonikasi yang dilakukan dengan waktu yang bertahap akan meminimalkan kenaikan suhu pada sampel yang dapat menyebabkan penggabungan kembali atom-atom pada sampel (Safitri, 2012). Hidrolisis selulosa bakteri dengan asam klorida 2,5 M dan suhu 70°C yang diikuti dengan oksidasi akan membentuk gugus muatan karboksil (COO⁻) pada permukaan selulosa bakteri sebesar 2,1 mmol/Kg (Kalashnikova *et al.*, 2011).

Sifat selulosa termodifikasi banyak diaplikasikan untuk adsorpsi, bahan pengemulsi pada bidang kosmetik, farmasi, dan medis serta material pembuatan membran pemisah (Börjesson dan Westman, 2015). Selulosa bakteri termodifikasi hidrolisis asam ini berpotensi untuk mengadsorpsi sejumlah besar biomakromolekul seperti protein. Selulosa bakteri dari *Gluconoacetobacter hansenii* juga pernah digunakan untuk adsorpsi protein *Bovine Serum Albumin* (BSA) dengan variasi pH 2-6 menghasilkan kemampuan adsorpsi maksimum 1,5 mg/g pada pH 5 (Mohite dan Patil, 2014). Selulosa bakteri termodifikasi berpotensi meningkatkan kemampuan adsorpsi *Bovine Serum Albumin* (BSA) karena memiliki luas permukaannya besar dan porositas tinggi.

Adsorpsi protein selain dipengaruhi oleh sifat adsorben juga dipengaruhi oleh kondisi adsorpsi. Waktu dan pH merupakan parameter yang dapat mempengaruhi adsorpsi protein (Akgul *et al.*, 2008). Adsorpsi protein *Bovine Serum Albumin* (BSA) pada selulosa bakteri (*sphere*) dengan massa 1 g dan volume BSA 10 mL dilakukan selama 120 menit tanpa dilakukan optimasi waktu menghasilkan kemampuan adsorpsi 1,5 mg/g (Mohite dan Patil, 2014). Adsorpsi protein *Bovine Serum Albumin* (BSA) biasanya terjadi pada pH dekat titik isoelektrik 4,7 (Akgul *et al.*, 2008), karena pada pH yang jauh di atas dan di bawah titik isoelektrik protein akan terdenaturasi. Oshima *et al.*, (2011) mengadsorpsi protein albumin pada selulosa bakteri terfosforilasi dengan menghasilkan pH optimum 4.

Berdasarkan uraian di atas, dalam penelitian ini dilakukan modifikasi selulosa bakteri dengan hidrolisis asam klorida disertai ultrasonikasi. Selulosa bakteri sebelum dan sesudah modifikasi akan dikarakterisasi gugus fungsinya

menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR), kristalinitasnya menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), selanjutnya diidentifikasi jumlah muatan karboksilnya dengan titrasi konduktometri. Selulosa bakteri dan selulosa bakteri sebelum dan sesudah modifikasi selanjutnya digunakan untuk adsorpsi protein *Bovine Serum Albumin* (BSA) dengan variasi waktu kontak 60, 90, 120, 150, 180 menit dan dan pH 3, 4, 5, 6.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana karakteristik gugus fungsi, kristalinitas, dan jumlah muatan selulosa bakteri sebelum dan sesudah modifikasi?
2. Bagaimana pengaruh waktu kontak dan pH terhadap adsorpsi protein *Bovine Serum Albumin* (BSA) pada selulosa bakteri sebelum dan sesudah modifikasi?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui karakteristik gugus fungsi, kristalinitas, dan jumlah muatan selulosa bakteri sebelum dan sesudah modifikasi?
2. Mengetahui pengaruh waktu kontak dan pH terhadap adsorpsi protein *Bovine Serum Albumin* (BSA) pada selulosa bakteri sebelum dan sesudah modifikasi?

1.4 Batasan Masalah

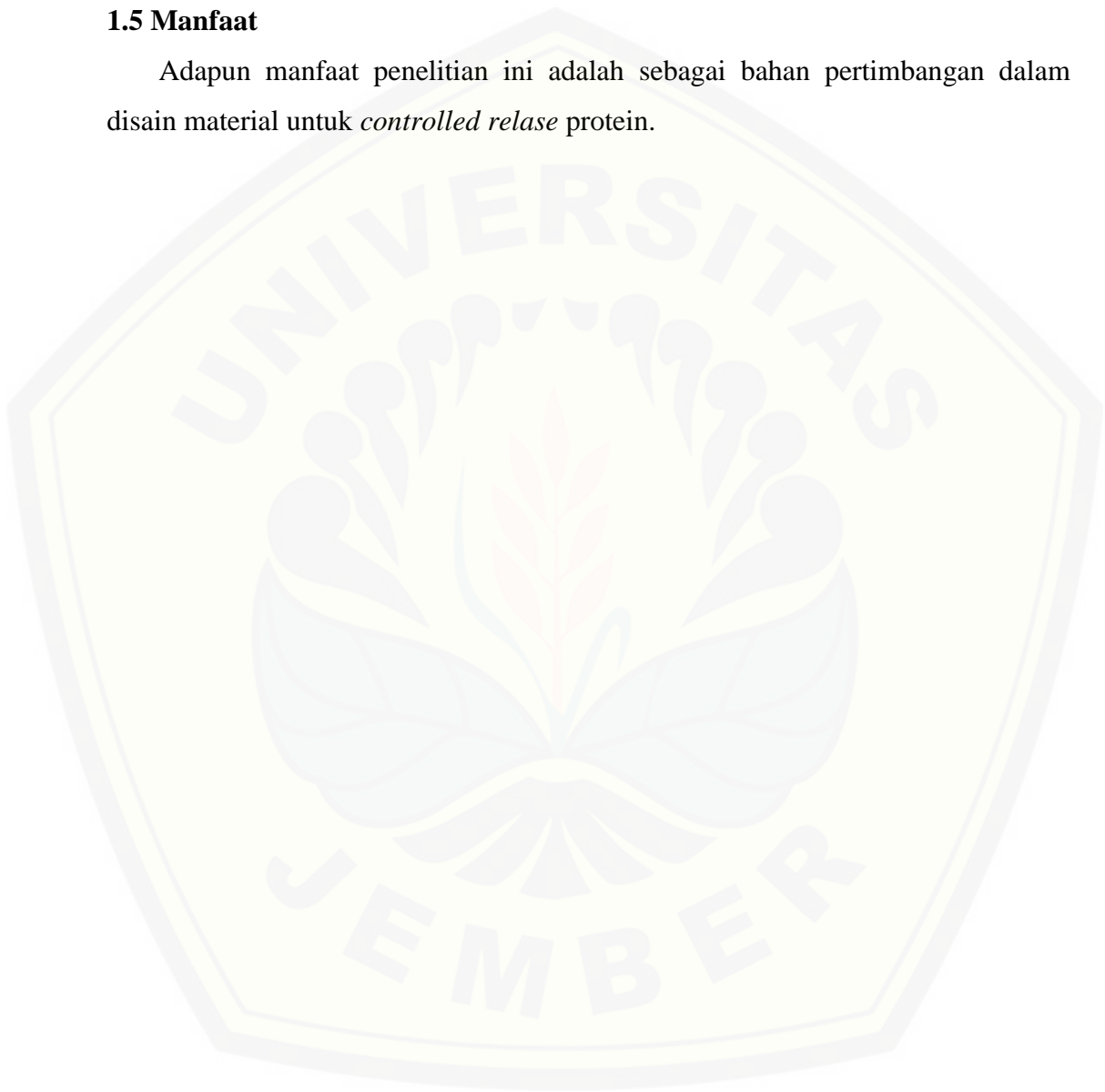
Adapun masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Selulosa bakteri dihasilkan dari *Nata de coco* yang berasal dari SMKN 5 Jember dengan lama fermentasi 10 hari
2. Hidrolisis selulosa bakteri dengan asam klorida, perbandingan selulosa:asam sebesar 1:60, konsentrasi asam 6 M pada suhu 70°C selama 2 jam
3. Ultrasonik yang digunakan Branson Sonifer 250-S selama 15 menit
4. Serbuk selulosa bakteri dihasilkan dengan pengayakan ukuran 60 mesh

5. *Bovine Serum Albumin* (BSA) yang digunakan memiliki berat molekul 67 kDa dan konsentrasi awal 400 mg/L
6. Variasi waktu kontak 60, 90, 120, 150, 180 menit dan pH 3, 4, 5 dan 6

1.5 Manfaat

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai bahan pertimbangan dalam disain material untuk *controlled release* protein.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nata De Coco

Nata de coco berasal dari negara Filipina. Filipina terkenal dengan penghasil kelapa terbesar di dunia. Pada dekade 60-an, salah satu penduduk Filipina yang bernama “Nata” memikirkan tentang jutaan ton air kelapa yang terbuang percuma. Peluang tersebut digunakan “Nata” untuk membuat produk makanan yang dikenal dengan *nata de coco*. *Nata de coco* gabungan dari kata nata dan coco. Nata merupakan nama orang pertama yang menciptakan nata de coco, sedangkan coco berasal dari bahasa latin *cocos* yang berarti kelapa. *Nata de coco* banyak dikembangkan di negara-negara penghasil kelapa termasuk Indonesia. *Nata de coco* pertama kali dikembangkan di Indonesia pada tahun 1987 (Warisno, 2004). Bentuk *Nata De Coco* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. *Nata De Coco* (Rahmadi, 2015)

Nata de coco adalah jenis minuman yang tersusun dari serat selulosa yang dihasilkan dari proses fermentasi air kelapa dengan melibatkan mikrobia bakteri (Pambayun, 2002). *Nata de coco* berwujud padat, berwarna putih dan terasa kenyal seperti kolong kaling. *Nata de coco* dapat disimpan lama meskipun banyak mengandung air (80%). *Nata de coco* dapat terbentuk karena adanya aktivitas dari bakteri *Acetobacter Xylinum* dalam media tumbuhnya. Bakteri *Acetobacter Xylinum* tumbuh dan berkembang dalam air kelapa yang memiliki pH 3-4 (Warisno, 2004). Bakteri *Acetobacter Xylinum* akaSn membentuk nata dalam air kelapa yang sudah diperkaya dengan karbon dan nitrogen. Dalam keadaan terkontrol, bakteri tersebut akan menghasilkan suatu enzim ekstraseluler yang dapat mempolimerisasi zat gula (glukosa) menjadi serat selulosa (Pambayun, 2002).

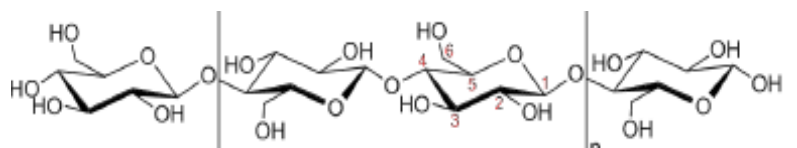
Air kelapa mengandung air 91,27 %; karbohidrat 7,27 %; protein 0,39 %; lemak 0,15 %, dan abu 1,06 %. Dalam air kelapa juga terkandung nutrisi seperti sukrosa, dekstrosa, fruktosa, serta vitamin B kompleks yang terdiri dari asam pantotenat, asam nikotinat, asam folat, biotin dan riblovin yang berguna untuk pertumbuhan bakteri *Acetobacter Xylinum* pada pembentukan *nata de coco* (Warisno, 2004).

2.2 Selulosa

2.2.1 Struktur Selulosa

Selulosa adalah biopolimer yang paling berlimpah di bumi dan diakui sebagai komponen utama biomassa tanaman, serta merupakan polimer mikroba ekstraseluler. Selulosa memiliki kepentingan global saat ini karena merupakan polimer yang mudah didegradasi (*biodegradable*), terbarukan (*renewable*), dan dapat diterima jaringan manusia (*biocompatible*). Selulosa adalah homopolisakarida linear yang tersusun atas unit-unit D-anhidroglukopiranososa yang dihubungkan oleh ikatan β -1,4-glikosida. Derajat Polimer (DP) dari selulosa dapat sebesar 10.000 seperti yang dimiliki selulosa kayu, dan bahkan ada yang lebih tinggi misalnya serat selulosa tanaman kapas asli. Derajat Polimerisasi pada selulosa bakteri sekitar 8000. Setelah adanya reaksi degradasi dan proses pemurnian, Derajat Polimerisasi (DP) akan berkurang menjadi sekitar 300-1700 (Börjesson dan Westman, 2015).

Setiap unit D-anhidroglukopiranososa memiliki tiga gugus hidroksi. Gugus hidroksi pada posisi C₆ adalah alkohol primer, sedangkan gugus hidroksi pada posisi C₂ dan C₃ adalah alkohol sekunder. Dari semua gugus hidroksi yang mungkin dapat dilakukan modifikasi kimia adalah gugus hidroksi pada posisi C₆ karena yang paling reaktif (Börjesson dan Westman, 2015). Struktur selulosa dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Struktur Selulosa (Börjesson dan Westman, 2015)

2.2.2 Sifat Fisika-Kimia Selulosa

Selulosa memiliki panjang rantai polimer yang bervariasi tergantung pada sumbernya. Selulosa yang berasal dari bakteri biasanya memiliki derajat polimerisasi (DP) sekitar 8000. Nilai Derajat Polimerisasi (DP) juga dipengaruhi oleh metode dan proses isolasi. Selulosa yang digunakan dalam praktek biasanya memiliki Derajat Polimerisasi (DP) rata-rata antara 800-3000. Sifat kimia dan reaktivitas selulosa ditentukan oleh tiga posisi gugus OH dalam Anhidroglukopiranos, satu di posisi primer dan dua di posisi sekunder. Selain itu, adanya ikatan β -glikosidik mudah putus dengan adanya asam (Granström, 2009).

Serat selulosa memiliki struktur yang tidak seragam di mana terdapat daerah amorf (tidak teratur) dan daerah kristal (teratur). Kristalinitas dari polimer selulosa biasanya dinilai dari sudut lebar hamburan *X-ray*. Derajat kristalinitas selulosa biasanya di kisaran 40% sampai 60% tergantung pada sumber dan pretreatment sampel. Pada selulosa bakteri memiliki derajat kristalinitas hingga 75-80% (Börjesson dan Westman, 2015).

Gugus hidroksi tidak hanya berperan dalam reaksi primer dan sekunder alkohol yang dilakukan pada selulosa, tetapi juga berperan penting dalam kelarutan selulosa. Selulosa tidak larut dalam pelarut organik umum dan air. Hal ini disebabkan oleh gugus hidroksi yang membentuk ikatan hidrogen intra dan antarmolekul. Sehingga untuk melarutkan selulosa, jaringan ikatan hidrogen harus diputuskan (Granström, 2009).

Selulosa berdasarkan kelarutan dalam senyawa natrium hidroksida (NaOH) 17,5% dan derajat polimerisasi dibedakan menjadi 3 yaitu selulosa α , selulosa β , dan selulosa γ . Selulosa α adalah selulosa yang berantai panjang, tidak dapat larut dalam NaOH 17,5 % dan memiliki derajat polimerisasi 600-1500. Selulosa α merupakan acuan untuk menentukan tingkat kemurnian selulosa hasil isolasi. Selulosa β merupakan selulosa yang berantai pendek, mudah larut dalam NaOH 17,5% dan memiliki derajat polimerisasi 15-90. Selulosa γ merupakan selulosa yang sifatnya mirip dengan selulosa β namun memiliki derajat polimerisasi kurang dari 15 (Sumada *et al.*, 2011).

Selulosa dianggap sebagai polimer yang bersifat semi-fleksibel. Selulosa juga memiliki sifat kaku. Kekakuan selulosa disebabkan oleh adanya ikatan hidrogen intramolekul, ikatan β -glukosida dan konformasi kursi dari cincin D-anhidropiranososa. Selulosa memiliki viskositas yang tinggi dalam larutan, dan kemampuannya untuk membentuk helai fibril (Granström, 2009).

2.2.3. Sumber Selulosa

Selulosa terdistribusi di alam pada tanaman, hewan, alga, fungi dan mineral. Selulosa pada tanaman berfungsi sebagai unsur penyusun dinding sel. Selulosa pada tanaman selalu bergabung dengan hemiselulosa, lignin, dan sejumlah kecil polimer lain (Rojas, 2016). Selulosa merupakan biopolimer yang banyak ditemukan di alam terutama pada tanaman-tanaman yang berserat seperti kayu dan kapas. Kapas merupakan tanaman yang memiliki kadar selulosa tertinggi yaitu sekitar 90%, dibandingkan dengan kayu yang memiliki kadar selulosa sekitar 40-50% sedangkan serat kulit pohon yang mengandung selulosa sebanyak 70-80%. Selain kayu dan tanaman, selulosa juga dapat dihasilkan dari berbagai aktivitas bakteri, ganggang dan hewan laut yang mengandung protein dan karbohidrat (Börjesson dan Westman 2015). Kandungan selulosa pada beberapa sumber di alam dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Kandungan Selulosa pada Beberapa Sumber Selulosa

| No | Sumber | Kandungan (%) |
|----|----------------|---------------|
| 1. | Kayu | 50 |
| 2. | Ampas Tebu | 35-40 |
| 3. | Bambu | 40-55 |
| 4. | Rami | 75-80 |
| 5. | Kapok | 70-75 |
| 6. | Kapas | 90 |
| 7. | Hemp (ganja) | 75-80 |
| 8. | Straw (jerami) | 40-50 |

(Rojas, 2016)

2.3 Selulosa Bakteri

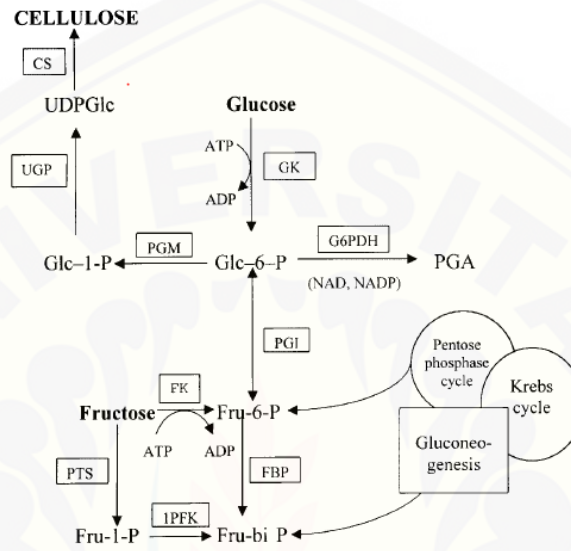
Selulosa merupakan biopolimer yang banyak ditemukan di alam terutama pada tanaman-tanaman yang berserat. Namun, tanaman bukan satu-satunya sumber selulosa karena selulosa dapat diproduksi dari proses fermentasi dengan bantuan bakteri. Selulosa yang diproduksi dari proses fermentasi bakteri ini disebut dengan selulosa bakteri. Selulosa bakteri pertama kali diperkenalkan oleh Brown pada 1987. Brown mengemukakan bahwa struktur kimia selulosa bakteri sama dengan selulosa pada tanaman yakni tersusun atas unit-unit D-anhidroglukopiranosida dengan ikatan β -1,4 glikosida. Namun, selulosa bakteri memiliki sifat fisika kimia yang berbeda dengan selulosa dari tanaman yakni memiliki derajat polimerisasi 8000, kristalinitas tinggi, dan porositasnya (ukuran dari ruang kosong di antara material) yang tinggi serta sifat mekanik yang lebih kuat meliputi kekuatan tarik, kekerasan, ketangguhan dan kelenturan (Esa *et al.*, 2014).

Bakteri yang dapat digunakan untuk memproduksi selulosa diantaranya adalah *Acetobacter*, *Agrobacterium*, *Rhizobium*, *Gluconacetobacter*, *Pseudomonas* dan *Sarcin* (Jonas dan Farah, 1998). Namun, bakteri *Acetobacter xylinum* lebih efektif dalam memproduksi selulosa (Esa *et al.*, 2014). Selulosa yang dihasilkan dari proses fermentasi dengan bantuan bakteri memiliki tingkat kemurnian yang lebih tinggi dibanding selulosa dari tanaman karena tidak terdapat campuran polimer lain seperti hemiselulosa ataupun lignin (Kalashnikova *et al.*, 2011).

Waktu fermentasi air kelapa dalam pembuatan nata de coco dapat mempengaruhi selulosa yang dihasilkan. Semakin lama waktu fermentasi maka *Nata De Coco* yang dihasilkan tebal. Fermentasi air kelapa untuk menghasilkan selulosa bakteri pada umumnya dilakukan selama 7-14 hari. Selulosa bakteri optimum dihasilkan dari lama fermentasi 10 hari yang ditunjukkan warna putih dan tebal (Widyaningsih *et al.*, 2014).

Sintesis selulosa bakteri melibatkan beberapa langkah dan sejumlah besar enzim. Proses ini meliputi pembentukan *uridin disphogluose* (UDPGlc) yang merupakan prekursor dalam pembentukan selulosa. *Acetobacter Xylinum*, dalam

sintesis selulosa erat dihubungkan dengan proses katabolisme dari oksidasi dan menggunakan sekitar 10% dari energi yang berasal dari reaksi katabolisme. *Acetobacter Xylinum* mengkonversi berbagai senyawa karbon seperti heksosa, gliserol, glukosa dan molasa menjadi selulosa (Brown, 1987). Gambar 2.3 menunjukkan jalur biokimia untuk sintesis selulosa oleh *Acetobacter Xylinum*.



Gambar 2.3. Jalur Sintesis Selulosa oleh *Acetobacter Xylinum* (Brown, 1987).

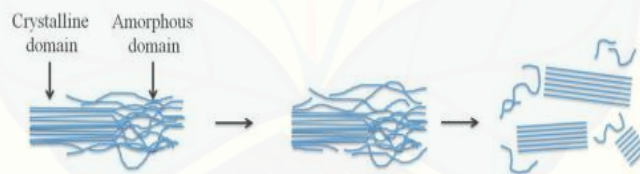
Biosintesis selulosa bakteri pada Gambar 2.3 melibatkan GLC= Glukosa, Glc-6-P= Glukosa-6-fospat, Glc-1-P= Glukosa-1-fospat, PGA= asam fosfoglukonat, Fru-1-P= fruktosa-1-fosfat, Fru-Bi-P= fruktosa-1,6-bifosfat; Fru-6-P= fruktosa-6-fosfat, GK= Glukokinase, PGM= fosfoglukomutase, UDP-Glc= UDP-Glukosafosforilase, G6PDH= glukosa-6-fosfat dehidrogenase, PGI= fosfoglukosa isomerase, FK= fruktokinase. Pembentukan selulosa pada *nata de coco* terjadi karena adanya proses pengambilan glukosa dari gula dalam air kelapa oleh sel-sel bakteri *Acetobacter xylinum*. Glukosa tersebut kemudian diubah membentuk prekursor UDPGlc (*UDP-Glucose pyrophosphorylase*) pada membran sel. Prekursor selanjutnya diekskresikan dalam bentuk selulosa di luar sel dengan bantuan enzim *Cellulose Synthase*.

Ketika proses fermentasi berlangsung, bakteri *Acetobacter xylinum* secara enzimatik mengubah glukosa membentuk selulosa melalui jalur pentosa fosfat. Sukrosa sebelum masuk ke jalur pentosa fosfat di hidrolisis oleh enzim

heksosinase membentuk glukosa. Kemudian glukosa dimetabolisme oleh enzim-enzim yang ada dalam starter air kelapa membentuk prekursor UDP glukosa pirofosforilase. Prekursor kemudian dipolimerisasi membentuk selulosa oleh enzim selulosa sintase (Bielecki *et al.*, 2005).

2.4 Modifikasi Selulosa dengan Hidrolisis Asam

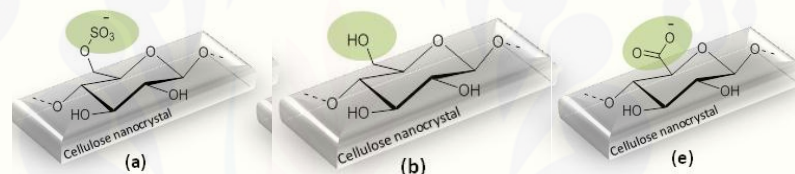
Selulosa bakteri yang dihasilkan dari proses hidrolisis asam kuat akan menghasilkan luas permukaan yang besar dan kekuatan mekanik yang tinggi (Yu *et al.*, 2012). Hidrolisis asam kuat pada selulosa juga dapat meningkatkan porositas dari selulosa (Osvaldo *et al.*, 2012). Selain itu hidrolisis dengan asam kuat lebih murah dan memerlukan alat sederhana dibanding dengan metode lainnya. Hidrolisis asam dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan selulosa yang bersifat amorf dan kemudian dihasilkan selulosa bakteri yang murni kristal. Hidrolisis asam merupakan suatu proses yang melibatkan difusi asam ke dalam fiber selulosa bakteri diikuti dengan pemutusan ikatan glikosida pada polimer selulosa dan membentuk suspensi koloid (Kalashnikova *et al.*, 2011). Mekanisme hidrolisis asam dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Mekanisme Modifikasi Selulosa dengan Hidrolisis Asam (Ehmann *et al.*, 2014)

Modifikasi dengan hidrolisis asam lebih murah dan mudah dilakukan dibandingkan metode lain seperti hidrolisis enzim, cairan ionik dan oksidasi. Asam sulfat merupakan asam yang paling umum digunakan dalam proses hidrolisis selulosa (Börjesson, dan Westman, 2015). Selain asam sulfat, asam klorida juga dapat digunakan untuk hidrolisis selulosa. Proses hidrolisis akan asam akan menghilangkan daerah amorf dari selulosa dan memecah ikatan β -(1 \rightarrow 4) glikosida sehingga menghasilkan selulosa yang lebih pendek.

Asam yang digunakan untuk proses hidrolisis berpengaruh terhadap gugus muatan pada permukaan selulosa yang dihasilkan. Hidrolisis selulosa menggunakan asam sulfat akan menghasilkan gugus muatan sulfat (OSO_3^-) pada permukaan selulosa bakteri (Börjesson dan Westman, 2015). Sedangkan, selulosa bakteri yang dihasilkan dari hidrolisis menggunakan HCl akan tetap mempertahankan struktur selulosa. Namun hidrolisis selulosa dengan HCl pada suhu tertentu kemungkinan akan membentuk sedikit gugus karboksil (COO^-) pada permukaannya karena terjadi oksidasi selama hidrolisis berlangsung. Gugus muatan karboksil yang dihasilkan dari hidrolisis asam klorida yang diikuti dengan oksidasi selama hidrolisis memiliki jumlah muatan sekitar 2 mmol/Kg (Kalashnikova *et al.*, 2011). Perbedaan permukaan selulosa yang dihasilkan dari hidrolisis asam dengan tipe asam yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Selulosa yang dihasilkan hidrolisis asam yang berbeda (a) hasil hidrolisis asam sulfat; (b) hasil hidrolisis asam klorida; (c) hasil hidrolisis asam klorida dengan adanya oksidasi (Börjesson dan Westman, 2015)

Selulosa bakteri yang dihidrolisis dengan HCl umumnya hanya memiliki beberapa gugus karboksil pada permukaan dengan jumlah total $\pm 3-6$ mmol/Kg. Gugus muatan karboksil pada permukaan selulosa bakteri yang dihasilkan dari hidrolisis dengan HCl terjadi karena oksidasi dari selulosa oleh spesies oksigen selama pemurnian selulosa bakteri dan hidrolisis (Winter *et al.*, 2010). Reaksi hidrolisis selulosa yang diikuti dengan oksidasi ditunjukkan pada Gambar 2.6.

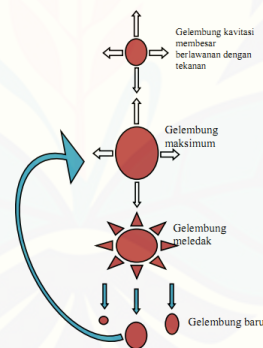


Gambar 2.6. Reaksi Hidrolisis Selulosa dengan Asam Klorida Diikuti Osidasi (Coseri *et al.*, 2015)

2.5 Ultrasonikasi

Ultrasonikasi merupakan suatu proses pemberian gelombang ultrasonik pada suatu materi. Gelombang ultrasonik memiliki frekuensi di atas 20 kHz melebihi batas pendengaran manusia. Gelombang ultrasonik merupakan sebuah rambatan energi dan momentum mekanik, sehingga membutuhkan medium untuk merambat. Medium yang digunakan berupa padat, cair, dan gas. Ultrasonikasi sangatlah efektif dalam pembentukan materi berukuran nano (Safitri, 2012).

Ultrasonikasi dapat digunakan untuk mengubah fibril selulosa berukuran mikro menjadi selulosa berukuran nano. Fenomena yang terjadi selama ultrasonikasi adalah kavitasi akustik. Kavitasi akustik merupakan proses pembentukan, pertumbuhan dan meledaknya gelembung dalam cairan dengan meliatkan sejumlah energi sekitar 10-100 kJ/mol. Efek Kavitasi yang bekerja pada proses ultrasonikasi ini akan mengakibatkan serat selulosa yang berukuran mikro berubah menjadi berukuran nano (Rosazley *et al.*, 2016). Efek Kavitasi pada proses ultrasonikasi dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Efek Kavitasi Akustik pada Ultrasonikasi (Safitri, 2012)

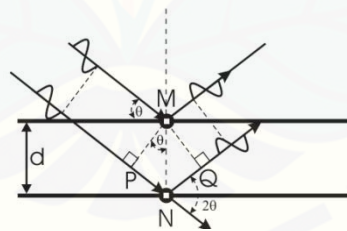
2.6 Karakterisasi Selulosa Bakteri Sebelum dan Sesudah Modifikasi

Selulosa bakteri termodifikasi akan diketahui derajat kristalinitasnya menggunakan XRD (*X-Ray Diffractometry*). Karakterisasi yang penting lainnya meliputi analisis gugus fungsi dengan spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infrared*). Jumlah gugus muatan selulosa bakteri termodifikasi ditentukan dengan titrasi konduktometri.

2.6.1 X-Ray Diffractometry (XRD)

Saat ini telah banyak penelitian yang menggunakan *X-Ray Diffractometry* (XRD) sebagai alat karakterisasi untuk mempelajari perubahan fasa dari suatu material. XRD secara umum digunakan untuk menunjukkan derajat kristalinitas dari suatu material seperti polimer, keramik, logam, komposit. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah material bersifat kristal atau amorf.

Prinsip dari analisis XRD adalah sinar X diberikan pada sampel akan mengalami difraksi dikarenakan orde pada panjang gelombang sinar X hampir sama dengan jarak atom pada kisi kristal. Sekitar tahun 1913, W.H Bragg dan W.L Bragg menjelaskan adanya peristiwa hamburan sinar X monokromatis yang datang pada permukaan kristal. Besarnya sudut yang datang ditentukan oleh panjang gelombang dan kisi kristal. Hukum Bragg menyatakan bahwa ada 2 peristiwa terjadi ketika X-Ray ditembakkan ke material yang yaitu interferensi dan hamburan. Hamburan terjadi ketika sudut sinar yang datang sama dengan sudut sinar pantul. 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 (Wijayanti, 2007).



Gambar 2.8. Skema XRD pada kristal (Dinnebier dan Bilinge, 2008)

Gambar 2.8 menunjukkan difraksi sinar-X oleh atom M dan N dengan jarak d . Dua berkas sinar-X tersebut bersifat konstruktif dengan panjang gelombang (λ) yang datang dengan sudut θ . Berkas sinar tersebut apabila terdifraksi oleh atom M dan N yang masing-masing membentuk sudut θ terhadap bidang maka orde panjang gelombang setara dengan $2 d \sin \theta$. Difraksi sinar X dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut:

$$n \lambda = 2 d \sin \theta \quad (2.1)$$

di mana :

n = bilangan bulat

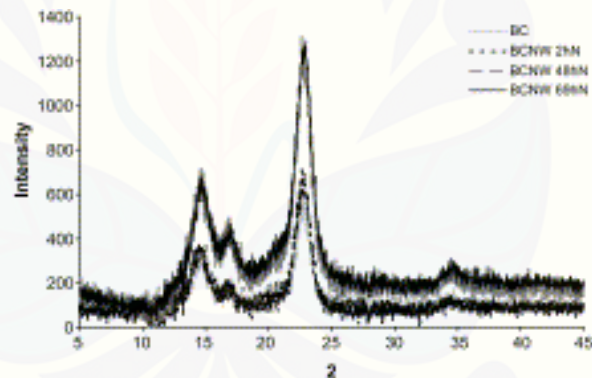
θ = sudut hamburan sinar X

λ = besarnya panjang gelombang sinar-X

d = jarak kisi pada kristal dalam bidang

(Dinnebier dan Bilinge, 2008).

Difraksi sinar-X dapat memberikan informasi tentang daerah amorf dan kristalin pada struktur polimer. Polimer secara umum mengandung daerah kristalin dan daerah amorf yang bercampur secara acak. Difraktogram sinar-X polimer kristalin menghasilkan puncak-puncak yang runcing tajam, sedangkan polimer amorf cenderung menghasilkan puncak yang melebar. Analisis XRD selulosa bakteri dan selulosa bakteri dari hidrolisis asam dapat dilihat pada Gambar 2.9



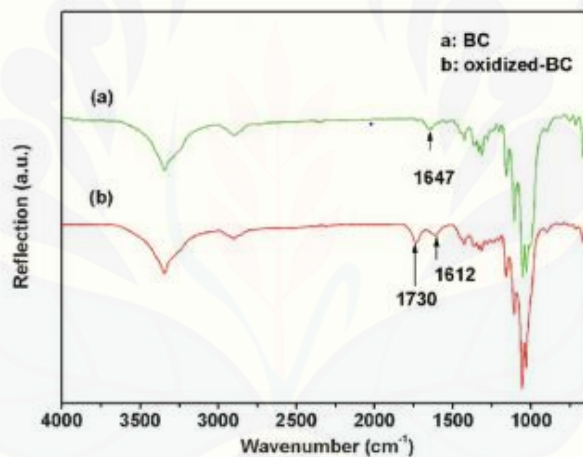
Gambar 2.9. XRD Selulosa bakteri dan Selulosa Bakteri Hasil Hidrolisis Asam (Sanz *et al.*, 2011)

2.6.2 *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) adalah alat yang digunakan untuk menentukan gugus fungsional dalam suatu senyawa. Gugus fungsi dari suatu sampel diidentifikasi dengan membandingkan pita adsorpsi yang terbentuk pada spektrum inframerah dengan data tabel pembanding. Spektrum yang dihasilkan dari analisis senyawa merupakan intensitas dan bilangan gelombang. Intensitas menunjukkan banyaknya senyawa yang

diidentifikasi dan bilangan gelombang menunjukkan vibrasi ikatan dari gugus fungsi (Silverstein *et al.*, 1984). Salah satu keuntungan terbesar dari spektroskopi inframerah adalah bahwa hampir semua sampel dapat dianalisis. Misalnya, cairan, larutan, pasta, bubuk, film, serat, dan gas.

Spektrofotometer FTIR menggunakan radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang antara $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$. Prinsip kerja dari FTIR adalah adanya molekul senyawa kompleks yang ditembakkan dengan energi sehingga molekul tersebut mengalami vibrasi. Besarnya energi vibrasi dari molekul yang dianalisis bergantung pada kuatnya ikatan atom dalam molekul. Perbedaan spektrum FTIR selulosa bakteri dan selulosa dengan gugus karboksil ditunjukkan pada Gambar 2.10



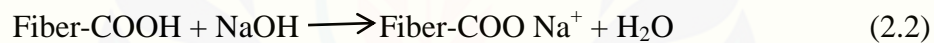
Gambar 2.10. Spektrum FTIR (a) Selulosa Bakteri dan (b) Selulosa Bakteri Teroksidasi (Liu *et al.*, 2011)

Spektrum FTIR selulosa bakteri terdapat bilangan gelombang 3340 cm^{-1} yang menunjukkan *stretching* -OH . Bilangan gelombang 2900 cm^{-1} menunjukkan *stretching* ikatan C-H alifatik, bilangan gelombang 1250 cm^{-1} menunjukkan *stretching* CH-COH, bilangan gelombang 1162 cm^{-1} - 1428 cm^{-1} menunjukkan *bending* CH dari CH₂. Bilangan gelombang 1060 cm^{-1} menunjukkan *bending* C-O-C, dan bilangan gelombang 650 cm^{-1} menunjukkan vibrasi dari cincin (Chen, 2014). Bilangan gelombang 1730 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi ikatan C=O karboksilat (Liu *et al.*, 2011).

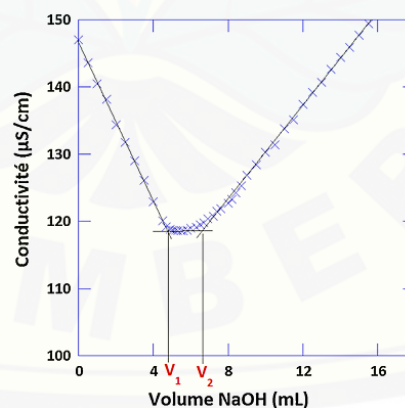
2.6.3 Titrasi Konduktometri

Titrasi konduktometri digunakan untuk menentukan jumlah muatan pada suatu polimer. Apabila selama proses hidrolisis selulosa bakteri dengan HCl juga diikuti dengan oksidasi maka akan muncul gugus karboksilat pada selulosa bakteri (Kalashnovika *et al.*, 2011). Jumlah gugus muatan karboksilat dari selulosa bakteri hasil modifikasi dapat ditentukan dengan beberapa metode salah satunya adalah titrasi konduktometri. Titrasi Konduktometri adalah jenis titrasi di mana konduktivitas listrik dari campuran reaksi terus dipantau sebagai satu reaktan yang ditambahkan. Titik ekuivalen pada titrasi konduktometri terjadi ketika konduktivitas mengalami perubahan mendadak. Perubahan konduktivitas berhubungan dengan perubahan konsentrasi ion hidrogen dan ion hidroksi dalam larutan (Brady, 1999).

Prinsip dari titrasi konduktometri adalah serat diubah ke dalam bentuk proton, dan kemudian dititrasi dengan natrium hidroksida. Gugus asam karboksilat bereaksi dengan natrium hidroksida seperti persamaan 2.2.



Karakteristik titrasi konduktometri dibagi menjadi tiga bagian yang berbeda seperti pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11. Kurva Titrasi Konduktometri (Romdhane *et al.*, 2015)

Bagian penurunan kurva menunjukkan konduktivitas menurun ketika kelompok asam kuat dinetralkan dengan NaOH. Kurva cenderung konstan merupakan proses netralisasi kelompok asam lemah oleh NaOH dengan ditandai

konduktivitas tetap atau tidak berubah. Kurva mengalami kenaikan merupakan akumulasi NaOH yang mengarah pada peningkatan konduktivitas (Romdhane *et al.*, 2015).

Jumlah gugus muatan dapat dihitung dari kurva titrasi dengan mempertimbangkan jumlah penambahan HCl pada awal titrasi. Jumlah gugus muatan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Asam Kuat (mmol/Kg)} = \frac{C \times (V_1 - V_0)}{m} \quad (2.3)$$

$$\text{Asam Lemah (mmol/Kg)} = \frac{C \times (V_2 - V_1)}{m} \quad (2.4)$$

di mana:

C : konsentrasi larutan NaOH (mmol L^{-1})

m : berat kering sampel (kg)

V_0 : volume NaOH yang diperlukan untuk netralisasi asam bebas ditambahkan (L)

V_1 : volume NaOH solusi dikonsumsi pada titik persimpangan pertama (L)

V_2 : volume larutan NaOH dikonsumsi di Titik persimpangan kedua (L)

(Romdhane *et al.*, 2015).

2.7 Adsorpsi Protein

2.7.1 Pengertian dan Jenis Adsorpsi

Adsorpsi merupakan peristiwa fisik yang terjadi pada permukaan padatan. Adsorpsi dibagi menjadi dua jenis yakni adsorpsi kimia (kemisorpsi) dan adsorpsi fisika (fisorpsi).

1. Adsorpsi Kimia (Kemisorpsi)

Adsorpsi kimia terjadi karena adanya gaya-gaya kimia yang diikuti reaksi kimia antara adsorben dan adsoren yang menghasilkan senyawa baru. Energi adsorpsi kimia besarnya sekitar 100 KJ/mol. Adsorpsi kimia menyebabkan terbentuknya ikatan secara kimia dan diikuti dengan reaksi kimia yang menghasilkan senyawa baru. Peristiwa kemisorpsi bersifat irreversibel. Ikatan kimia yang terjadi pada peristiwa kemisorpsi sangat kuat mengikat molekul cairan dengan permukaan padatan sehingga sangat sulit untuk dilepaskan (Atkins, 1990).

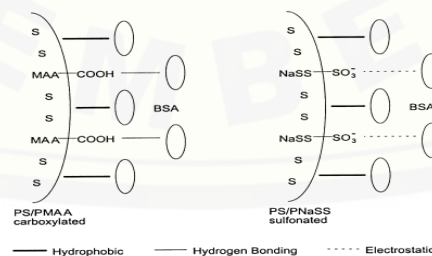
2. Adsorpsi Fisika (Fisisorpsi)

Adsorpsi fisika terjadi karena adanya gaya-gaya fisika. Energi adsorpsi fisika besarnya sekitar 10 KJ/mol. Molekul-molekul yang diadsorpsi secara fisika tidak terikat kuat pada permukaan sehingga bersifat reversible artinya mudah untuk digantikan dengan molekul yang lain. Adsorpsi fisika didasarkan pada gaya van der Waals yang dapat terjadi pada permukaan yang polar maupun non polar (Atkins, 1990).

2.7.2 Adsorpsi Protein

Adsorpsi protein dapat didefinisikan sebagai proses adhesi atau menempelnya protein pada berbagai permukaan material. Protein umumnya merupakan serum, enzim, antibodi, dan antigen asing. Permukaan umumnya suatu biomaterial, pembawa obat dan gen, partikel polimer, dan membran. Proses adsorpsi protein pada partikel polimer, adsorbat adalah protein dan adsorben adalah partikel polimer (Kim dan Yoon, 2002).

Protein berdasarkan kestabilannya dibagi menjadi dua yaitu protein kasar dan protein lembut. Protein kasar adalah protein yang memiliki stabilitas internal yang tinggi contohnya adalah lisozim dan ribonuklease. Protein lembut adalah protein yang memiliki stabilitas internal yang rendah sehingga mudah diadsorpsi pada permukaan padatan contohnya Immunoglobulin, α -lactoalbumin dan albumin. Adsorpsi protein terjadi melalui interaksi hidrofobik/hidrofilik, interaksi elektrostatik, ikatan hidrogen, dan Gaya Van der Waals seperti Gambar 2.12.



Gambar 2.12. Ilustrasi Adsorpsi Protein (Kim dan Yoon, 2002)

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi protein antara lain:

1. Karakteristik Fisika dan Kimia Adsorben: luas permukaan, komposisi kimia dan porositas

2. pH
 3. Waktu Adsorpsi
 4. Temperatur
 5. Konsentrasi Kekuatan Ionik
 6. Konsentrasi Awal Protein
- (Akgul, 2008).

2.8 *Bovine Serum Albumin (BSA)*

Bovine Serum Albumin (BSA) adalah salah satu protein sebagai unsur utama dari plasma darah yang secara signifikan berguna untuk aplikasi biomedis. Protein serum memiliki banyak fungsi fisiologis dan dapat bertindak sebagai transport untuk berbagai senyawa. *Bovine Serum Albumin (BSA)* telah menjadi salah satu protein serum yang paling ekstensif dipelajari karena memiliki struktur homologi dengan serum albumin pada manusia. *Bovine Serum Albumin (BSA)* lebih murah dan mudah tersedia dibandingkan protein lainnya yang membutuhkan biaya isolasi dan pemurnian yang tinggi (Anirudhan *et al.*, 2012).

Bovine Serum Albumin (BSA) adalah rantai polipeptida tunggal yang terdiri dari sekitar 583 residu asam amino. Albumin adalah kelompok protein yang terdapat pada cairan tubuh, jaringan mamalia dan dalam beberapa bibit tanaman. Albumin memiliki berat molekul relatif rendah, yang larut dalam air dan mudah mengkristal. Fungsi biologis utama albumin adalah untuk mengatur tekanan osmotik darah. Albumin pada manusia dan sapi mengandung 16% nitrogen dan sering digunakan sebagai standar dalam mempelajari kalibrasi protein. Albumin biasanya digunakan untuk melarutkan lipid (Sigma-Aldrich, 2016).

Bovine Serum Albumin (BSA) memiliki berat molekul sekitar 66-67 kDa. *Bovine Serum Albumin (BSA)* pada pH 5-7 mengandung 17 jembatan disulfida dan 1 gugus sulfidril. *Bovine Serum Albumin (BSA)* dalam larutan memiliki pH isoelektrik 4,5-4,9. Albumin mudah larut dalam air dan hanya dapat diendapkan oleh garam netral seperti amonium sulfat dengan konsentrasi tinggi. Stabilitas larutan *Bovine Serum Albumin (BSA)* sangat baik. Albumin sering digunakan

sebagai stabilisator untuk protein terlarut lainnya. Namun, albumin mudah digumpalkan oleh panas. Albumin yang dipanaskan di atas 50°C akan membentuk agregat hidrofobik yang tidak kembali ke monomer meskipun mengalami proses pendinginan (Sigma-Aldrich, 2016).

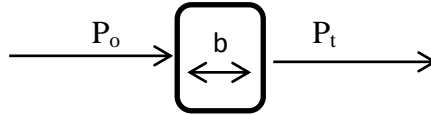
2.9 Spektrofotometer Visible

Kemampuan adsorpsi protein *Bovine Serum Albumin* (BSA) pada adsorben dapat diketahui dengan mengetahui konsentrasi protein awal dan konsentrasi protein sisa adsorpsi atau protein yang tidak teradsorpsi. Konsentrasi protein yang tidak teradsorpsi dapat dihitung dengan uji Bradford menggunakan spektrometer Visible. Uji Bradford merupakan salah satu uji untuk menentukan konsentrasi protein dalam suatu larutan secara kolorimetri. Uji Bradford melibatkan pewarna *Coomassie Brilliant Blue* (CBB) yang berikatan dengan protein sehingga memberikan warna kebiruan. Larutan yang menghasilkan warna diukur absorbansinya menggunakan spektrometer Visibel pada panjang gelombang 595 nm (Bradford, 1976).

Spektrofotometri adalah suatu metode kimia untuk menganalisis sampel baik secara kuantitatif dan kualitatif yang didasarkan pada interaksi antara materi dengan cahaya. Spektrofotometri Visible merupakan teknik analisis spektroskopik yang menggunakan sumber radiasi elektromagnetik sinar tampak pada panjang gelombang 350-770 nm dengan memakai instrumen spektrofotometer (Siswoyo dan Asnawati, 2007).

Materi dari suatu sampel yang dikenai sinar maka akan terjadi transisi elektronik yaitu perpindahan elektron dari keadaan dasar menuju ke keadaan tereksitasi dengan menyerap panjang gelombang tertentu. Cahaya polikromatik yang terdiri dari beberapa panjang gelombang akan masuk ke monokromator sehingga menghasilkan sinar monokromatik pada panjang gelombang tertentu yang diserap oleh zat (Day dan Underwood, 1989). *Bovine Serum Albumin* dengan pengompleks *Coomassie Brilliant Blue* akan menyerap sinar monokromatik dengan panjang gelombang 580-595 nm dengan warna yang

diserap kuning dan warna yang tampak adalah biru (Bradford, 1976). Proses penyerapan cahaya oleh suatu zat ditunjukkan pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13. Penyerapan Cahaya oleh Sampel (Siswoyo dan Asnawati, 2007)

Cahaya yang diserap diukur sebagai absorbansi (A) sedangkan cahaya yang hamburkan diukur sebagai transmitansi (T), dinyatakan dengan hukum lambert-beer yang berbunyi:

“jumlah radiasi cahaya yang diserap atau ditransmisikan oleh suatu larutan merupakan suatu fungsi eksponen dari konsentrasi zat dalam larutan” (Day dan Underwood, 1989).

Berdasarkan hukum Lambert-Beer, rumus yang digunakan untuk menghitung banyaknya cahaya yang hamburkan:

$$T = \frac{P_t}{P_o} \quad \text{atau} \quad \% T = \frac{P_t}{P_o} \times 100\% \quad (2.5)$$

dan absorbansi dinyatakan dengan rumus:

$$A = -\log T = -\log \frac{P_t}{P_o} \quad (2.6)$$

di mana :

P_o : intensitas cahaya datang

P_t : intensitas cahaya setelah melewati sampel

Rumus yang diturunkan dari Hukum Beer dapat ditulis sebagai:

$$A = a \cdot b \cdot c \quad \text{atau} \quad A = \epsilon \cdot b \cdot c \quad (2.7)$$

di mana:

A : absorbansi

b : tebal kuvet pada umumnya 1 cm

c : konsentrasi larutan yang diukur

ϵ : tetapan absorptivitas molar (jika konsentrasi larutan yang diukur dalam molar)

a : tetapan absorptivitas (jika konsentrasi larutan yang diukur dalam ppm).

(Day dan Underwood, 1989).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Fisik, Laboratorium Kimia Analitik, Laboratorium Biokimia Jurusan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, dan Laboratorium *Center for Development of Advance Science and Technology* (CDAST) Universitas Jember.

Penelitian ini dilakukan pada bulan April sampai Juni 2017.

3.2 Alat dan Bahan

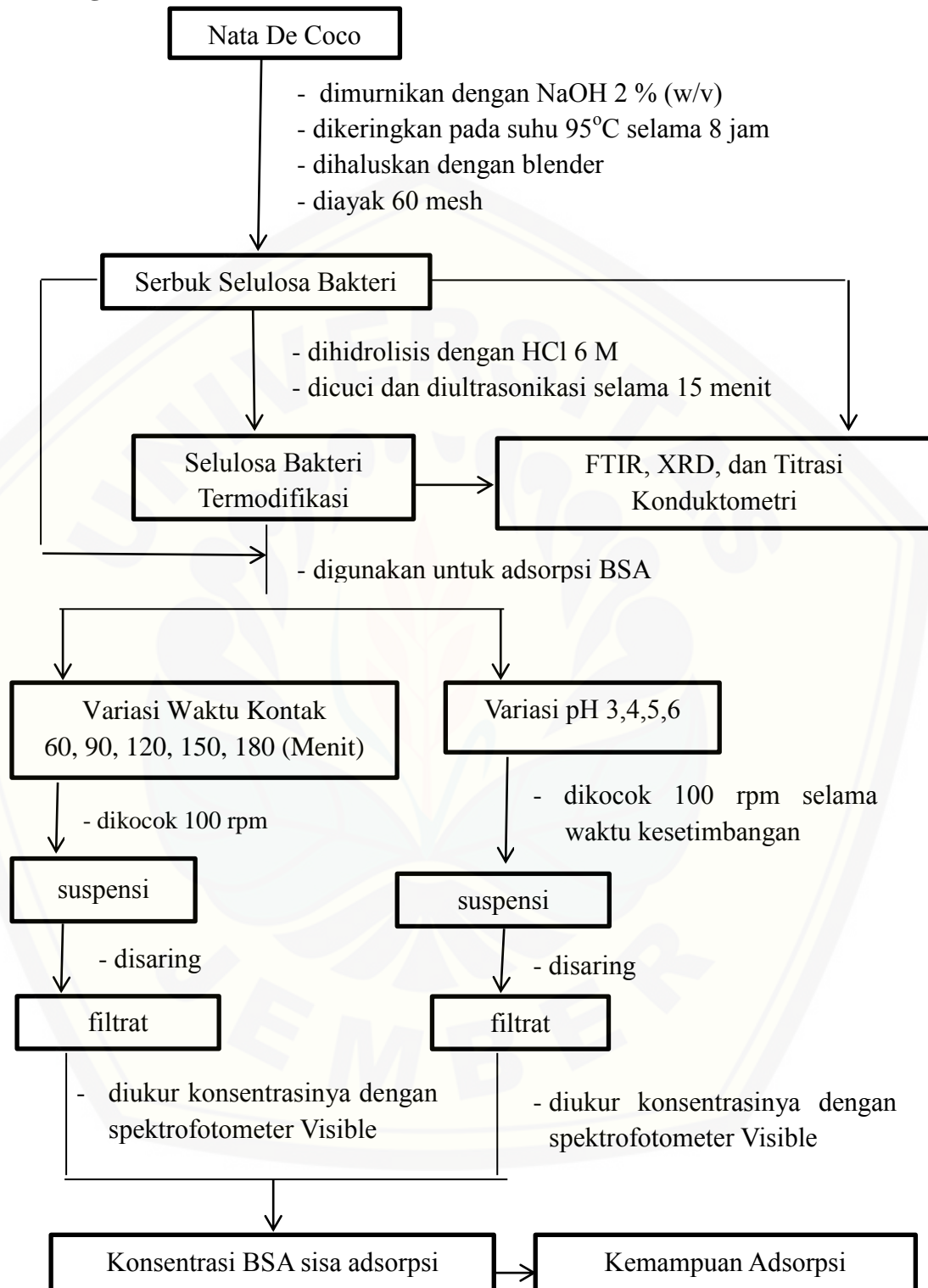
3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan terdiri dari gelas beaker 50 mL, 250 mL dan 2000 mL; labu ukur 25 mL, 100 mL, dan 500 mL; erlenmeyer 100 ml dan 250 mL; pipet volume 2 mL, 5 mL dan 50 mL; pipet mohr 1 mL dan 5 ml, pipet mikro, pipet tetes; gelas ukur 50 mL; labu alas bulat 1000 mL; buret 50 mL; kondensor refluks; pengaduk gelas; cawan petri; termometer, corong gelas, stirer; spatula logam; mortal dan alu; *ball* pipet; botol semprot; statif; *Stopwatch*; *Hot Plate Stirer*; tabung gas nitrogen dan kertas saring, blender, neraca analitis, sentrifugator beserta tabungnya, penangas, indikator pH, oven, Ultrasonikasi *Branson Sonifer-250*, spektrofotometer visible 756-CRT, seperangkat alat FTIR Shimadzu, XRD Shimadzu-7000, dan seperangkat alat konduktometer.

3.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *Nata de coco* dengan lama fermentasi 10 hari (Produk SMKN 5 Jember), asam klorida 37 % (Pa. Merck), asam fosfat 85 % (Merck), *Bovine Serum Albumin* 67 kDa (Sigma-Aldrich), etanol (Merck), aseton (Merck), heksana (Merck), natrium hidroksida (Merck), natrium klorida (Merck), asam oksalat (Merck), indikator *phenolphthalen* (Merck), *coomassie brilliant blue* G-250 (Merck), asam sitrat (Merck), dinatrium hidrogen pospat (Merck), aquades, gas nitrogen.

3.3 Diagram Alir



Gambar 3.1 Preparasi Selulosa Bakteri dan Modifikasi Selulosa Bakteri serta Adsorpsi Protein BSA

3.4 Prosedur Kerja

3.4.1 Preparasi Serbuk Selulosa Bakteri dari *Nata De Coco*

Selulosa bakteri dihasilkan dari *Nata De Coco* dengan lama fermentasi 10 hari (Produk SMKN 5 Jember). 10 kg *Nata De Coco* dipotong-potong kotak kecil ukuran $\pm 2 \times 2$ cm untuk mempermudah perebusan. *Nata de coco* direbus dengan NaOH 2% (w/v) pada suhu 70°C selama 1 jam untuk menghilangkan asam asetat, urea, dan gula sisa fermentasi (Mulyono *et al.*, 2007). *Nata de coco* kemudian dicuci dengan air berulang kali dan air cucuannya diukur pHnya menggunakan indikator pH universal sampai pH 7 (netral). *Nata de coco* diblender dengan kecepatan maksimum sampai menjadi bubur. Bubur *Nata de coco* disaring dan dikeringkan dengan oven pada suhu 95°C selama 8 jam (Afrizal, 2008). Lempeng *Nata de coco* yang dihasilkan dari proses oven diblender sampai halus. Serbuk *Nata de coco* diayak dengan ayakan ukuran 60 mesh dan diambil serbuknya yang melewati ayakan.

3.4.2 Proses Hidrolisis Asam

Modifikasi selulosa bakteri dilakukan dengan hidrolisis asam klorida 6 M. Larutan HCl 6 M dibuat dengan mengambil HCl 37% (w/w) sebanyak 250 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 500 mL yang telah terisi aquades setengahnya. Larutan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas.

Asam klorida 6 M sebanyak 480 mL dimasukkan ke dalam labu alas bulat dan diaduk dengan stirer sampai suhu 70°C. 8,0009 gram serbuk selulosa bakteri ditambahkan ke dalam labu alas bulat (Yu *et al.*, 2013). Campuran diaduk dengan stirer selama 2 jam. Suspensi ditambahkan dengan aquades sampai volume 1000 mL untuk menghentikan reaksi. Suspensi disentrifugasi dengan kecepatan 10.000 rpm selama 10 menit. pH supernatan setelah pencucian dengan sentrifugasi diukur menggunakan indikator pH universal sampai pH 7 (netral) (Yu *et al.*, 2013). Selulosa bakteri hasil penetralan kemudian diultrasonikasi 15 menit dengan *Ultrasonic Branson Sonifer-250* Daya 250 W, *Electrical*: 100 V, 50/60 Hz, 3 A.

Selulosa bakteri termodifikasi yang kering didapatkan dengan mencuci terlebih dahulu menggunakan pelarut organik etanol, aseton dan heksana secara berurutan. Setiap proses pencucian dengan pelarut, pemisahan cairan dan padatan selulosa bakteri termodifikasi dilakukan dengan proses sentrifugasi. Langkah selanjutnya yaitu dikeringkan dengan oven pada 50°C selama 30 menit kemudian ditimbang. Selulosa bakteri termodifikasi kemudian di oven lagi 50°C selama 30 menit ditimbang lagi. Langkah ini dilakukan sampai berat selulosa bakteri termodifikasi konstan. Selanjutnya selulosa bakteri termodifikasi dihaluskan dengan mortal dan alu (Ioelovich, 2012).

3.4.3 Karakterisasi

Selulosa bakteri sebelum dan sesudah modifikasi dikarakterisasi menggunakan *Fourier transfer infrared spectroscopy* (FTIR), *X-Ray Difraktion* (XRD) dan titrasi konduktometri.

a. *Fourier transfer infrared spectroscopy* (FTIR)

Selulosa bakteri sebelum dan sesudah modifikasi sebanyak 1 g diidentifikasi gugus fungsinya menggunakan FTIR. Sampel dianalisis dengan FTIR pada bilangan gelombang 400-4000 cm⁻¹ (Rozenberga *et al.*, 2016).

b. *X-Ray Difraktion* (XRD)

Selulosa bakteri sebelum dan sesudah modifikasi sebanyak 0,5 g dianalisis kristalinitasnya dengan XRD. Hasil XRD ini akan menunjukkan perbandingan antara kristalinitas dari selulosa bakteri sebelum dan sesudah modifikasi. XRD yang digunakan memiliki radiasi (CuK α) pada panjang gelombang of 1,54180 Å, tegangan 30 kV dan arus 30 mA (Rozenberga *et al.*, 2016). Derajat kristalinitas diukur dengan menggunakan persamaan 3.1.

$$Cr(\%) = \frac{Sc}{St} \times 100\% \quad (3.1)$$

di mana :

Cr : Derajat Kristalinitas

Sc : luas daerah kristalin

St : luas daerah kristalin dan amorf

c. Titrasi Konduktometri

Titrasi konduktometri dilakukan untuk menentukan jumlah muatan karboksil (COO^-) pada permukaan selulosa bakteri hasil modifikasi. Tahapan titrasi konduktometri adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan Larutan

1) Larutan NaOH 0,01 M

Larutan NaOH 0,01 M dibuat dengan melarutkan 0,2000 gram kristal NaOH dalam gelas beaker dengan sedikit aquades sambil diaduk sampai larut. Larutan NaOH dimasukkan pada labu ukur 500 mL dan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas.

2) Larutan HCl 0,05 M.

Larutan HCl 0,05 M dibuat dengan mengambil larutan HCl 37%(w/w) sebanyak 0,4 mL. Larutan HCl dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL yang terisi aquades dan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas.

3) Larutan NaCl 0,001 M.

Larutan NaCl 0,001 M dibuat dengan melarutkan kristal NaCl sebanyak 0,0291 gram dengan sedikit aquades dalam gelas beaker. Setelah NaCl larut kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 500 mL dan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas.

4) Larutan Asam Oksalat 0,05 M

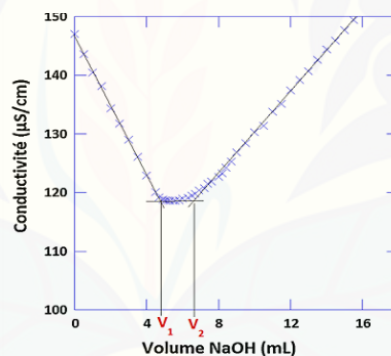
Larutan Asam oksalat 0,05 M dibuat dengan melarutkan kristal asam oksalat sebanyak 0,3150 gram dengan sedikit aquades dalam gelas beaker. Setelah asam oksalat larut kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL dan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas.

2. Standarisasi NaOH 0,01 M

Standarisasi NaOH dilakukan untuk mengetahui konsentrasi NaOH secara tepat. Larutan NaOH 0,01 M dimasukkan dalam buret 50 mL yang telah terpasang di statif. Larutan asam oksalat 0,05 M sebanyak 10 mL dimasukkan dalam erlenmeyer 250 mL dan ditambahkan 3 tetes indikator *phenolphthalein*. Selanjutnya larutan asam oksalat dititrasi dengan NaOH 0,01 M sampai terjadi perubahan warna larutan dari tidak berwarna menjadi warna merah muda.

3. Titrasi Konduktometri

0,5000 gram serbuk selulosa bakteri hasil modifikasi dimasukkan dalam labu leher tiga 500 mL, lalu ditambahkan 250 mL NaCl 0,001 M. Larutan kemudian dimasukkan ke dalam labu leher tiga berukuran 1000 mL dan ditambahkan larutan HCl 0,05 M sebanyak 5 mL. Larutan diaduk dengan stirer dan diukur konduktivitasnya dengan konduktometer yang telah dikalibrasi dengan KCl 0,01 M. Larutan ditambahkan NaOH secara bertahap dengan volume awal 0,5 mL NaOH 0,01 M sampai mendekati titik belok. Ketika mendekati titik belok penambahan NaOH 0,1 M sebanyak 0,1 mL agar dapat diketahui volume awal yang pasti ketika HCl habis. Penambahan NaOH dilakukan secara bertahap sampai nilai konduktivitas konstan. Pengukuran konduktivitas pada suhu kamar di bawah tekanan gas nitrogen (Romdhane *et al.*, 2015). Gambar 3.2 merupakan kurva yang dihasilkan dalam proses titrasi konduktometri.



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

Jumlah gugus muatan karboksil (COO^-) dapat dihitung dari kurva titrasi dengan menggunakan persamaan 3.2.

$$\text{COO}^- (\text{mmol} / \text{Kg}) = \frac{C \times (V_2 - V_1)}{m} \quad (3.2)$$

di mana :

C : konsentrasi larutan NaOH (mmol L^{-1})

m : berat kering sampel (kg)

V_1 : volume NaOH dikonsumsi pada titik persimpangan pertama (L)

V_2 : volume NaOH dikonsumsi pada titik persimpangan kedua (L)

(Romdhane *et al.*, 2015).

3.4.4 Analisis Adsorpsi Protein

Analisis adsorpsi protein *Bovine Serum Albumin* (BSA) dilakukan dengan beberapa tahapan meliputi :

a. Pembuatan Reagen Bradford

Reagen Bradford merupakan reagen pengompleks protein agar dapat membentuk warna biru sehingga dapat dianalisis dengan spektrometri Visible. Reagen Bradford dibuat dengan melarutkan 0,0500 g *Coomassie Brilliant Blue G-250* ke dalam 25 mL etanol 99,8%. Larutan kemudian ditambahkan 50 mL asam pospat 85%. Campuran kemudian diaduk dengan stirer sampai membentuk warna biru. Setelah terbentuk warna dilarutkan dengan aquades hingga volum akhir 500 mL. Reagen Bradford kemudian disimpan pada suhu 4°C. Jika terjadi pengendapan disaring terlebih dahulu sebelum digunakan (Bradford, 1976).

b. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Kurva kalibrasi sebagai acuan untuk menentukan konsentrasi protein *Bovine Serum Albumin* (BSA) pada sampel setelah adsorpsi. Pembuatan kurva kalibrasi memiliki tahapan adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan Larutan standard *Bovine Serum Albumin* (BSA) 40, 80, 120, 160, 200, 240, 280, 320, 360, 400 mg/L

1) Pembuatan Larutan Induk *Bovine Serum Albumin* (BSA) 1000 mg/L

Larutan induk *Bovine Serum Albumin* (BSA) 1000 mg/L dibuat dengan melarutkan padatan *Bovine Serum Albumin* (BSA) 0,1 g ke dalam gelas beaker dengan aquades 100 mL. Larutan dimasukkan dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas.

2) Pembuatan Larutan standard *Bovine Serum Albumin* (BSA) 40, 80, 120, 160, 200, 240, 280, 320, 360, 400 mg/L

Larutan *Bovine Serum Albumin* (BSA) 40, 80, 120, 160, 200, 240, 280, 320, 360, 400 mg/L dibuat dengan mengambil 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 mL larutan *Bovine Serum Albumin* (BSA) 1000 mg/L. Larutan kemudian diencerkan dalam labu ukur 25 mL dengan aquades sampai tanda batas.

2. Scanning Panjang Gelombang

Panjang gelombang maksimum adalah panjang gelombang yang memberikan nilai absorbansi paling besar. Pengukuran absorbansi dilakukan pada panjang gelombang maksimum karena pada titik ini sensitivitasnya maksimum. Larutan protein BSA 200 mg/L diambil 50 μ L dimasukkan dalam kuvet. Larutan ditambahkan 2,5 mL reagen Bradford dan didiamkan 5 menit. Larutan diukur absorbansinya dengan spektrometer Visibel pada panjang gelombang 550-650 nm. Protein BSA memiliki serapan panjang gelombang maksimum 595 nm.

3. Pengukuran Absorbansi Larutan Standar *Bovine Serum Albumin* (BSA) 40, 80, 120, 160, 200, 240, 280, 320, 360, 400 mg/L.

Larutan protein *Bovine Serum Albumin* (BSA) 40, 80, 120, 160, 200, 240, 280, 320, 360, 400, 440, 480 dan 520 mg/L masing-masing diambil 50 μ L dan dimasukkan kuvet. Larutan ditambahkan 2,5 mL reagen Bradford dan didiamkan 5 menit (Bradford, 1976). Larutan diukur absorbansinya dengan spektrometer Visibel. Kurva kalibrasi didapat memplot antara konsentrasi terhadap absorbansi.

c. Adsorpsi protein *Bovine Serum Albumin* (BSA)

Adsorpsi protein *Bovine Serum Albumin* (BSA) dilakukan dengan sistem *batch* dengan rancangan seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Rancangan Penelitian Pengaruh Waktu Kontak dan pH pada adsorpsi protein *Bovine Serum Albumin* (BSA)

| No. | Parameter | Kemampuan Adsorpsi (mg/g) | |
|-----|------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| | | Selulosa Bakteri | Selulosa Bakteri Termodifikasi |
| 1. | Waktu Adsorpsi (Menit) | | |
| | a. 60 | | |
| | b. 90 | | |
| | c. 120 | | |
| | d. 150 | | |
| | e. 180 | | |
| 2. | pH | | |
| | a. 3 | | |
| | b. 4 | | |
| | c. 5 | | |
| | d. 6 | | |

1. Pengaruh Waktu Kontak terhadap Adsorpsi *Bovine Serum Albumin* (BSA)

Larutan protein *Bovine Serum Albumin* (BSA) konsentrasi 400 mg/L dibuat dengan mengambil 20 mL larutan *Bovine Serum Albumin* (BSA) 1000 mg/L dan dimasukkan dalam labu ukur 50 mL. Larutan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas. Larutan BSA 400 mg/L dari labu ukur 50 mL kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 mL. Selanjutnya ditambahkan 0,1000 g adsorben (Anirudhan *et al.*, 2012). Campuran dikocok dengan *shaker* pada kecepatan 100 rpm untuk menghindari kerusakan protein (Mohite dan Patil, 2014). Pengocokan dilakukan dengan rentang waktu 60, 90, 120, 150 dan 180 menit. Suspensi disaring dengan kertas saring. Filtrat hasil penyaringan diambil 50 μ L dan dimasukkan dalam kuvet. Larutan ditambahkan 2,5 mL reagen Bradford dan didiamkan 5 menit. Larutan diukur absorbansinya dengan spektrometer Visible pada panjang gelombang maksimum (Bradford, 1976).

2. Pengaruh pH terhadap Adsorpsi *Bovine Serum Albumin* (BSA)

Adsorpsi *Bovine Serum Albumin* (BSA) dilakukan dengan buffer sitrat-pospat pH 3, 4, 5 dan 6. Larutan buffer sitrat-pospat pH 3, 4, 5 dan 6 dibuat dengan menyediakan larutan asam sitrat 0,1 M dan larutan Dinatrium Hidrogen Pospat 0,2 M. Komposisi pembuatan buffer ditampilkan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Pembuatan Buffer Sitrat-Pospat

| No. | pH | Larutan Asam Sitrat 0,1 M (mL) | Larutan Dinatrium Hidrogen Pospat 0,2 M (mL) |
|-----|----|--------------------------------|----------------------------------------------|
| 1. | 3 | ± 40 | ± 10 |
| 2. | 4 | ± 30 | ± 20 |
| 3. | 5 | ± 25 | ± 25 |
| 4. | 6 | ± 17 | ± 33 |

(Svehla, 1976)

Larutan protein *Bovine Serum Albumin* (BSA) konsentrasi 400 mg/L dibuat dengan mengambil 20 mL larutan *Bovine Serum Albumin* (BSA) 1000 mg/L dan dimasukkan dalam labu ukur 50 mL. Larutan diencerkan dengan buffer sitrat-pospat pH 3, 4, 5 dan 6. Larutan BSA 400 mg/L dari labu ukur 50 mL kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 mL. Larutan ditambahkan 0,1000 g adsorben (Anirudhan *et al.*, 2012). Campuran dikocok dengan *shaker* 100 rpm untuk menghindari kerusakan protein (Mohite dan Patil, 2014).

Pengocokan dilakukan selama waktu yang telah dihasilkan saat terjadi kesetimbangan. Suspensi disaring dengan kertas saring. Filtrat hasil penyaringan diambil 50 μL dan dimasukkan dalam kuvet. Larutan ditambahkan 2,5 mL reagen Bradford dan didiamkan 5 menit. Larutan diukur absorbansinya dengan spektrometer Visible pada panjang gelombang maksimum (Bradford, 1976).

3.4.5 Penentuan Kemampuan Adsorpsi *Bovine Serum Albumin* (BSA) pada Adsorben.

Kinerja adsorben dapat dinilai lebih baik atau lebih buruk ditentukan oleh besarnya kemampuan adsorpsi. Kemampuan adsorpsi menunjukkan kemampuan dari adsorben dalam mengadsorpsi protein *Bovine Serum Albumin* (BSA). Suatu adsorben yang dimasukkan pada suatu sistem larutan adsorbat akan terjadi proses adsorpsi. Konsentrasi larutan awal (C_0) dari adsorbat akan berkurang dengan bergerak ke konsentrasi kesetimbangan (C_e) setelah waktu kesetimbangan (t_e). Kemampuan adsorpsi [q_e (mg/g)] dapat dihitung dengan persamaan 3.3.

$$q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m} \quad (3.3)$$

di mana:

q_e : kemampuan adsorpsi saat kesetimbangan (mg/g)

C_0 : konsentrasi awal protein *Bovine Serum Albumin* (BSA) sebelum adsorpsi (mg/L)

C_e : konsentrasi protein *Bovine Serum Albumin* (BSA) yang diadsorpsi pada waktu kesetimbangan (mg/L)

V : volume larutan protein *Bovine Serum Albumin* (BSA) (L)

m : massa adsorben (g)

(Oshima *et al.*, 2011).

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan pada penelitian ini adalah:

1. Karakteristik gugus fungsi dari spektrum FTIR pada selulosa bakteri dan selulosa bakteri termodifikasi menunjukkan tidak terdapat perbedaan bilangan gelombang yang muncul, derajat kristalinitas selulosa bakteri termodifikasi lebih tinggi yaitu 87,72% dibandingkan dengan selulosa bakteri yang memiliki derajat kristalinitas 84,48%, selulosa bakteri termodifikasi juga memiliki jumlah muatan karboksil 9 mmol/Kg.
2. Kemampuan adsorpsi dari waktu 60-90 menit mengalami peningkatan dan waktu 90 menit mulai terjadi kesetimbangan adsorpsi yang ditunjukkan kemampuan adsorpsi yang konstan sampai waktu 180 menit dan adsorpsi pada pH 3-6 menghasilkan kemampuan adsorpsi yang besar pada pH 3.

5.2 Saran

Adapun saran pada penelitian ini adalah:

1. Perlu dilakukan penambahan waktu dan daya ultrasonikasi untuk mendapatkan derajat kristalinitas yang lebih tinggi dan distribusi ukuran yang lebih kecil.
2. Perlu dilakukannya karakterisasi ukuran partikel dari selulosa bakteri dan selulosa bakteri termodifikasi dengan TEM untuk mengetahui ukuran partikelnya secara pasti.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrizal. 2008. Selulosa Bakterial Nata de Coco sebagai Adsorben pada Proses Adsorpsi Logam Cr(III). *Jurnal Gradien*. 4(1): 308-313.
- Akgül, M., N. B. Savak, M. Özmak, A. G. Dumanl, Y. Yürüm, dan A. Karabakan. 2008. Adsorption of Bovine Serum Albumin (BSA) on Clinoptilolite. *Hacettepe Journal Of Biology And Chemistry*. 36 (1): 21-29.
- Anirudhan, T. S., S. R. Rejeena, dan A. R. Tharun. 2012. Preparation, Characterization and Adsorption Behavior of Tannin-Modified Poly(Glycidylmethacrylate) Grafted Zirconium Oxide-Densified Cellulose for the Selective Separation of Bovine Serum Albumin. *Journal Colloids And Surfaces B: Biointerfaces*. 93(10): 49-58.
- Atkins, P.W. 1990. *Kimia Fisika Jilid 2 Edisi Keempat*. Penerbit: Erlangga. Jakarta.
- Barbash, V. A, O. V. Yaschenko, S. V. Alushkin, A. S. Kondratyuk, O. Y. Posudievsky dan V. G. Koshechko. 2016. The Effect of Mechanochemical Treatment of the Cellulose on Characteristics of Nanocellulose Films. *Nanoscale Research Letters*. 11(410): 1-8.
- Bielecki, S., A. Krystinowicz, M.B.C Turkiewicz, H. Kalinowska. 2005. Bacterial cellulose, in: Polysaccharides and polyamide in the food industry: *Properties, production and patents*. Wiley VCH: Weinhein.
- Börjesson, M., dan G. Westman. 2015. Crystalline Nanocellulose-Preparation, Modification, and Properties. *Licensee Intech*.
- Bradford, M.M. 1976. A Rapid and Sensitive Method for The Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. *Analytical Biochemistry*. 72(1-2): 248-254.
- Brady, J. E. 1999. *Kimia Universitas Asas dan Struktur. Bandung*. Binarupa Aksara.

- Brown, Jr. 1987. The biosynthesis of cellulose. *Food Hydrocoloids*. 1(1): 345-351.
- Chen, Xi. 2014. Degradation Studies on Plant Cellulose and Bacterial Cellulose by FT-IR and ESEM. *Disertasi*. Inggris: The School of Metallurgy and Materials the University of Birmingham.
- Coseri, S., G. Biliuta, L. F. Zemlji, J. S. Srndovic, P. T. Larsson, S. Strnad, T. Krežze, A. Naderi dan T. Lindström. 2015. Correction: One-shot carboxylation of microcrystalline cellulose in the presence of nitroxyl radicals and sodium periodate. *RSC Adv*. 5(1): 96927.
- Day, R. A dan A. L. Underwood. 1989. *Analisis Kimia Kuantitas*. Jakarta: Erlangga.
- Dee, C., D. A. Puleo, R. Bizios. 2002. *An Introduction to Tissue-Biomaterial Interactions*. Wiley. ISBN: 978-0-471-25394-5.
- Dewangga, C.A. 2013. Selulosa Benzoat Berbasis Selulosa Mikrobial dan Aplikasinya Sebagai Fase Diam Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT). *Skripsi*. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Dinnebier, R. E dan S. J. L. Billinge. 2008. *Powder Diffraction Theory and Practice*. Cambridge: Royal Society of Chemistry Publishing.
- Ehmann, H.M.A., T. Mohan, M. Koshanskaya, S. Scheicher, D. Breitwieser, V. Ribitsch, K.S Kleinschek dan S. Spirk. 2014. Design of anticoagulant surfaces based on cellulose nanocrystals. *The Royal Society of Chemistry*. 50(86):2-13.
- Esa, F., S. M. Tasirin, dan N. A.Rahman. 2014. Overview of Bacterial Cellulose Production and Application. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 2(1): 113 – 119.

- Fras, L., J. Laine, P. Stenius, K. S. Kleinschek, V. Ribitsch, V. Dolecek. 2004. Determination of Dissociable Groups in Natural and Regenerated Cellulose Fibers by Different Titration Methods. *Journal of Applied Polymer Science*. 92(2): 3186–3195.
- French, A.D. 2014. Idealized powder diffraction patterns for cellulose polymorphs. *Cellulose*. 21(1): 885–896.
- Granström, M. 2009. Cellulose Derivatives: Synthesis, Properties and Applications. *Disertasi*. Finlandia: University of Helsinki.
- Husin, G. dan C. M. Rosnelly. 2005. Studi Kinetika Adsorpsi Larutan Logam Timbal Menggunakan Karbon Aktif dari Batang Pisang. *Tesis*. Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala Darrusalam. Banda Aceh.
- Ioelovich, M. 2012. Optimal Conditions for Isolation of Nanocrystalline Cellulose Particles. *Nanoscience and Nanotechnology*: 2(2): 9-13.
- Jonas, R., dan L. F. Farah. 1998. Production and application of microbial cellulose. *Polymer degradation and Srabiliry*. 59(1-3): 101-106.
- Kalashnikova, I., H. Bizot, B. Cathala, dan I. Capron. 2011. New Pickering Emulsions Stabilized by Bacterial Cellulose Nanocrystals. *Langmuir*. 27(12): 7471–7479.
- Kim, J. H., dan J. Y. Yoon. 2002. Protein Adsorption on Polymer Particles. *Encyclopedia of Surface And Colloid Science*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Kopac, T dan K. Bozgeyik. 2016. Equilibrium, Kinetics and Thermodynamics of Bovine Serum Albumin Adsorption on Single-Walled Carbon Nanotubes. *Chemical Engineering Communications*. 1(1): 1-34.
- Kupiainen, L. 2012. Dilute Acid Catalysed Hydrolysis of Cellulose – Extension to Formic Acid. University of Oulu.

- Lehninger, A. L., 1982, *Dasar-Dasar Biokimia Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Liu, G., F. He, X. Li, S. Wang, L. Li, G. Zuo, Y. Huang dan Y. Wan. 2011. Three-dimensional cuprous oxide microtube lattices with high catalytic activity templated by bacterial cellulose nanofibers *J. Mater. Chem.* 21(1): 10637–10640.
- Mohite, B. V dan S. V. Patil. 2014. Bacterial cellulose of *Gluconoacetobacter hansenii* as a potential bioadsorption agent for its green environment applications. *Journal of Biomaterials Science Polymer Edition*. 25(18): 2053-2065.
- Mulyono, T., Asnawati, I. Noviandri, dan Buchari. 2007. Potensi Membran Nata De Coco Sebagai Material Biosensor (The Use of Nata de Coco Membrane as Biosensor Material). *Jurnal Ilmu Dasar*. 8(2): 128-134.
- Oshima, T., S. Taguchi, K. Ohe, dan Y. Baba. 2011. Phosphorylated bacterial cellulose for adsorption of proteins. *Carbohydrate Polymers*. 83(1-2): 953–958.
- Oswaldo Z. S., P. S. Panca, dan M. Faizal. 2012. Pengaruh Konsentrasi Asam dan Waktu pada Proses Hidrolisis dan Fermentasi Pembuatan Bioetanol dari Alang-Alang. *Jurnal Teknik Kimia*. 18(2): 52-62.
- Pambayun, R. 2002. *Teknologi Pengolahan Nata De Coco*. Yogyakarta: Kanisius.
- Pandey, J. K., C.S. Kim, W.S. Chu, C.S. Lee, D.Y Jang, S.H. Ahn. 2009. Evaluation of morphological architecture of cellulose chains in grass during conversion from macro to nano dimension. *e-Polymers*. 1(121): 1-15.
- Park, S., J. O. Baker, M. E. Himmel, P. A. Parilla dan D. K. Johnson. 2010. Research Cellulose crystallinity index: measurement techniques and their impact on interpreting cellulase performance. *Biotechnology for Biofuels* 3(2): 10.

- Pelegrine, D. H. G dan C.A. Gasparetto. 2005. Whey proteins solubility as function of temperature and pH. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 38 (1): 77–80.
- Poletto, M., H. L.O. Júnior and A. J. Zattera. 2014. Native Cellulose: Structure, Characterization and Thermal Properties. *Materials* 7(1):6105-6119.
- Rahmadi, A. 2015. Polemik Nata de Coco Berbahan Baku Pupuk Urea. *ResearchGate*. 2(1): 1-20.
- Rojas, O. J. 2016. *Cellulose Chemistry and Properties: Fibers, Nanocelluloses and Advanced Materials*. North Carolina USA: North Carolina State University.
- Romdhane, A., M. Aourousseau, A. Guillet, dan E. Mauret. 2015. Effect of pH and ionic strength on the electrical charge and particle size distribution of starch nanocrystal suspensions. *Starch/Stärke*. 67(3-4): 319–327.
- Rosazley, R., M. Z. Shazana, M. A. Izzati, A. W. Fareezal, I. Rushdan, dan Z. M. A. Ainun. 2016. Characterization of Nanofibrillated Cellulose Produced From Oil Palm Empty Fruit Bunch Fibers (OPEFB) Using Ultrasound. *Journal of Contemporary Issues and Thought*. 6(1): 28-35.
- Rowe, C., P. J. Sheskey, dan M. E. Quinn. 2009. *Handbook of Pharmaceutical Excipients. Edisi Ke-Enam*. Chicago: Pharmaceutical Press.
- Rozenberga, L., M. Skute, L. Belkova, I. Sable, L. Vikele, P. Semjonovs, M. Saka, M. Ruklisha, dan L. Paegle. 2016. Characterisation of films and nanopaper obtained from cellulose synthesised by acetic acid bacteria. *Carbohydrat Polymer*. 144(1): 33-40.
- Safitri, D. K., 2012. Sintesis Nanopartikel Serat Kulit Rotan dengan Metode Ultrasonikasi. *Skripsi*. Bogor: Departemen Fisika Institut Pertanian Bogor.

- Salas, S.C., O. J. Rojas, L. A. Lucia, M. A. Hubbe, dan J. Genzer. 2012. Adsorption of Glycinin and β -Conglycinin on Silica and Cellulose: Surface Interactions as a Function of Denaturation, pH, and Electrolytes. *Biomacromolecules*. 13(1): 387–396.
- Sanz, M. M., A. L. Rubio, dan J. M. Lagaron. 2011. Optimization of the Nanofabrication by Acid hydrolysis of Bacterial Cellulose Nanowhiskers. *Carbohydrate Polymers*. 85(1): 228–236.
- Shevla, G. 1985. *Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro Terjemahan Aloysius Hadjana Pujaatmika dar Textbook of Macro and Semimicro Qualitative Inorganik Analysis (1979)*. Fifth Edition. Jakarta: PT Kalman Media Pusaka.
- Sigma-Aldrich. 2016. Product Information: Bovine Serum Albumin. http://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigmaaldrich/docs/Sigma/Product_Information_Sheet/a2153pis.pdf. [15 Nopember, 2016].
- Silverstein, R. M., F. X. Webster, dan D. J. Kiemle. 1984. *Spectrometric Identification of Organic Compounds. Seventh Edition*. United State America: Department, John Wiley & Sons, In.
- Sime, Rodney J. 1990. *Physical Chemistry: Methods, Techniques and Experiments*. Philadelphia: Saunders College Publishing.
- Siswoyo dan Asnawati. 2007. *Analisis Spektrometri*. Jember: Universitas Jember.
- Smith, J. G. 2008. *Oganic Chemistry Third Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Sumada, K., P. E. Tamara, dan F. Alqani. 2011. Kajian Proses Isolasi α -Selulosa dari Limbah Batang Tanaman *Manihot Esculenta Crantz* yang efisien. *Jurnal Teknik Kimia*. 5(2): 434-438.
- Suopajarvi, T., H. Liimatainen, M. Karjalainen, H. Upola, dan J. Niinimäki. 2014. Lead adsorption with sulfonated wheat pulp nanocelluloses. *Journal of Water Process Engineering*. 5(7): 136–142.

- Warisno. 2004. *Mudah dan Praktis Membuat Nata de Coco*. Jakarta: Media Pustaka.
- Wicaksono, Rumpoko. 2013. Isolasi Nanoserat Selulosa dari Ampas Tapioka dan Aplikasinya Sebagai Bahan Pengisi Film Tapioka. *Skripsi*. Bogor: Intitut Pertanian Bogor.
- Widyaningsih, S., D. W. Dwiasih, dan D. Hidayati. 2014. Penurunan Konsentrasi Zat Warna Menggunakan Membran dari *Sargassum sp.* *Molekul*. 9(2): 166-174.
- Wijayanti, S. 2007. Analisa Pola – Pola Difraksi Sinar-X pada Material Serbuk $\text{Nd}_6\text{Fe}_{13}\text{Sn}$, $\text{Nd}_6\text{Fe}_{13}\text{Ge}$ dan $\text{Nd}_6\text{Fe}_{13}\text{Si}$ Menggunakan Metode Rietveld Gsas. *Skripsi*. Surakarta: Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret.
- Winter, H.T., C. Cerclier, D. Delorme, H. Bizot, B. Quemener dan B. Cathala. 2010. Improved Colloidal Stability of Bacterial Cellulose Nanocrystal Suspensions for the Elaboration of Spin-Coated Cellulose-Based Model Surfaces. *Biomacromolecules*. 11(11): 3144–3151.
- Yu, Y., C. Zhou, A. D. French, G. Xia, G. Han, dan Q. Wang, dan Q. Wu. 2012. Comparative properties of cellulose nano-crystals from native and mercerized cotton fibers. *Cellulose*. 19(4):1173–1187.
- Yu, H., Z. Qin, B. Liang, N. Liu, Z. Zhou dan L. Chen. 2013. Facile extraction of thermally stable cellulose nanocrystals with a high yield of 93% through hydrochloric acid hydrolysis under hydrothermal conditions. *J. Mater. Chem. A*. 1(1): 3938–3944.

LAMPIRAN

Lampiran 4.1 Perhitungan Pembuatan Larutan

4.1.1 Pembuatan Larutan NaOH 2% (w/v)

Larutan NaOH 2% (w/v) menunjukkan terdapat 2 gram NaOH dalam 100 mL larutan. Larutan NaOH dibuat sebanyak 1000 mL.

$$NaOH.2\% = \frac{2g}{100mL} \times 1000mL = 20g$$

4.1.2 Pembuatan Larutan HCl 6 M

Larutan HCl 6 M dibuat dari HCl 37% (w/w)

Dalam 100 g terdapat 37 g zat terlarut yaitu HCl dan 63 g zat pelarut yaitu air.

$\rho = 1,19 \text{ g/mL}$, $M_r = 36,461 \text{ g/mol}$.

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

$$M = \frac{m}{M_r} \times \frac{1}{V}$$

$$M = \frac{m}{M_r} \times \frac{1}{\frac{m_{total}}{\rho}}$$

$$M = \frac{37g}{36,461} \times \frac{\rho}{m_{total}}$$

$$M = \frac{37g}{36,461} \times \frac{1,19g/mL}{100g}$$

$$M = 0,012 \frac{mol}{L} \times \frac{1000mL}{1L}$$

$$M = 12 \frac{mol}{L} = 12M$$

Larutan HCl 6 M dibuat dari 12 M HCl (37% w/w)

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

$$6M \times 500mL = 12M \times V_2$$

$$\frac{3000}{12} mL = V_2$$

$$250mL = V_2$$

4.1.3 Pembuatan Larutan NaOH 0,01 M

Larutan NaOH 0,01 M dibuat dari NaOH, $M_r = 39,997 \text{ g/mol}$

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

$$0,01 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = \frac{n}{0,1\text{L}}$$

$$n = 0,001\text{mol}$$

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

$$0,001\text{mol} = \frac{m}{39,997 \text{ g/mol}}$$

$$m = 0,04 \text{ g}$$

4.1.4 Pembuatan Larutan HCl 0,05 M

Larutan HCl 0,05 M dibuat dari 12 M HCl (37%)

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

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

$$V_1 = \frac{5}{12} \text{ mL}$$

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

4.1.5 Pembuatan Larutan NaCl 0,001 M

Larutan NaCl 0,01 M dibuat dari NaCl, $M_r = 58,44 \text{ g/mol}$

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

$$0,001 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = \frac{n}{0,5\text{L}}$$

$$n = 0,0005\text{mol}$$

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

$$0,0005\text{mol} = \frac{m}{58,44 \text{ g/mol}}$$

$$m = 0,029 \text{ g}$$

4.1.6 Pembuatan Larutan Asam Oksalat 0,05 M

Larutan asam oksalat 0,05 M dibuat dari $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$, $M_r = 126,07 \text{ g/mol}$

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

$$0,05 \frac{\text{mol}}{L} = \frac{n}{0,05L}$$

$$n = 0,0025 \text{ mol}$$

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

$$0,0025 \text{ mol} = \frac{m}{126,07 \text{ g/mol}}$$

$$m = 0,315 \text{ g}$$

4.1.7 Pembuatan Larutan Induk Bovine Serum Albumin (BSA) 1000 mg/L

Larutan induk BSA dibuat sebanyak 100 mL atau 0,1 L

$$m.BSA = 1000 \frac{\text{mg}}{L} \times 0,1L$$

$$m.BSA = 100 \text{ mg} = 0,1000 \text{ g}$$

4.1.8 Pembuatan Larutan Standar Bovine Serum Albumin 40, 80, 120, 160, 200, 240, 280, 320, 360, dan 400 mg/L dari larutan induk BSA 1000 mg/L

a. Larutan Standar 40 mg/L

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

$$1000 \frac{\text{mg}}{L} \times V_1 = 40 \frac{\text{mg}}{L} \times 25 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{1000 \text{ mL}}{1000}$$

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

b. Larutan Standar 80 mg/L

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

$$1000 \frac{\text{mg}}{L} \times V_1 = 80 \frac{\text{mg}}{L} \times 25 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{2000 \text{ mL}}{1000}$$

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

c. Larutan Standar 120 mg/L

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

$$1000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times V_1 = 120 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 25\text{mL}$$

$$V_1 = \frac{3000\text{mL}}{1000}$$

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

d. Larutan Standar 160 mg/L

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

$$1000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times V_1 = 160 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 25\text{mL}$$

$$V_1 = \frac{4000\text{mL}}{1000}$$

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

e. Larutan Standar 200 mg/L

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

$$1000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times V_1 = 200 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 25\text{mL}$$

$$V_1 = \frac{5000\text{mL}}{1000}$$

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

f. Larutan Standar 240 mg/L

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

$$1000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times V_1 = 240 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 25\text{mL}$$

$$V_1 = \frac{6000\text{mL}}{1000}$$

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

g. Larutan Standar 280 mg/L

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

$$1000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times V_1 = 280 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 25\text{mL}$$

$$V_1 = \frac{7000\text{mL}}{1000}$$

$$V_1 = 7\text{mL}$$

h. Larutan Standar 320 mg/L

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$1000 \frac{mg}{L} \times V1 = 320 \frac{mg}{L} \times 25mL$$

$$V1 = \frac{8000mL}{1000}$$

$$V1 = 8mL$$

i. Larutan Standar 360 mg/L

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$1000 \frac{mg}{L} \times V1 = 360 \frac{mg}{L} \times 25mL$$

$$V1 = \frac{9000mL}{1000}$$

$$V1 = 9mL$$

j. Larutan Standar 400 mg/L

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$1000 \frac{mg}{L} \times V1 = 400 \frac{mg}{L} \times 25mL$$

$$V1 = \frac{10000mL}{1000}$$

$$V1 = 10mL$$

4.1.9 Pembuatan Buffer Sitrat-Pospat pH 3, 4, 5, 6

Buffer sitrat-pospat pH 3, 4, 5, 6 dibuat dari larutan asam sitrat 0,1 M dan larutan dinatrium hidrogen pospat 0,2 M

a. Asam Sitrat 0,1 M dibuat dari $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$, $M_r = 210,14$ g/mol

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

$$0,1 \frac{mol}{L} = \frac{n}{0,25L}$$

$$n = 0,025mol$$

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

$$0,025mol = \frac{m}{210,14g/mol}$$

$$m = 5,2535g$$

- b. Dinatrium Hidrogen Pospat 0,2 M dibuat dari Na_2HPO_4 $M_r = 141,96 \text{ g/mol}$

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

$$0,2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = \frac{n}{0,25\text{L}}$$

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

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

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

$$m = 7,0980\text{g}$$

| No. | pH | Larutan Asam Sitrat 0,1 M (mL) | Larutan Dinatrium Hidrogen Pospat 0,2 M (mL) |
|-----|----|--------------------------------|----------------------------------------------|
| 1. | 3 | ± 40 | ± 10 |
| 2. | 4 | ± 30 | ± 20 |
| 3. | 5 | ± 25 | ± 25 |
| 4. | 6 | ± 17 | ± 33 |

4.1.10 Pembuatan Larutan *Bovine Serum Albumin* (BSA) 400 mg/L

Larutan Sampel BSA 400 mg/L dibuat dari larutan induk BSA 1000 mg/L

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

$$1000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times V_1 = 400 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{20000 \text{ mL}}{1000}$$

$$V_1 = 20 \text{ mL}$$

4.2 Rendemen Selulosa Bakteri Termodifikasi

| No | Komponen | Massa (g) | | | Rata'' |
|----|---------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------|
| | | Ulangan 1 | Ulangan 2 | Ulangan 3 | |
| 1. | Cawan | 46,88 | 46,88 | 46,89 | 46,88 |
| 2. | Cawan + Selulosa Bakteri Termodifikasi Basah | 62,59 | 62,59 | 62,58 | 62,59 |
| 3. | Cawan +Selulosa Bakteri Termodifikasi Pemanasan 50 Menit (1) | 53,16 | 53,16 | 53,16 | 53,16 |
| 4. | Cawan + Selulosa Bakteri Termodifikasi Pemanasan 50 Menit (2) | 53,10 | 53,10 | 53,10 | 53,10 |
| 5. | Cawan + Selulosa Bakteri Termodifikasi Pemanasan 50 Menit (3) | 53,10 | 53,10 | 53,10 | 53,10 |
| 6. | Cawan + Selulosa Bakteri Termodifikasi Pemanasan 50 Menit (4) | 53,10 | 53,10 | 53,10 | 53,10 |

Massa Selulosa Bakteri Termodifikasi

$$m = (m.cawan + m.selulosa\ ker\ ing) - m.cawan$$

$$m = 53,10g - 46,88g$$

$$m = 6,22g$$

Rendemen Selulosa Bakteri Termodifikasi

$$Rendemen(\%) = \frac{m.selulosa\ ker\ ing}{m.awal} \times 100\%$$

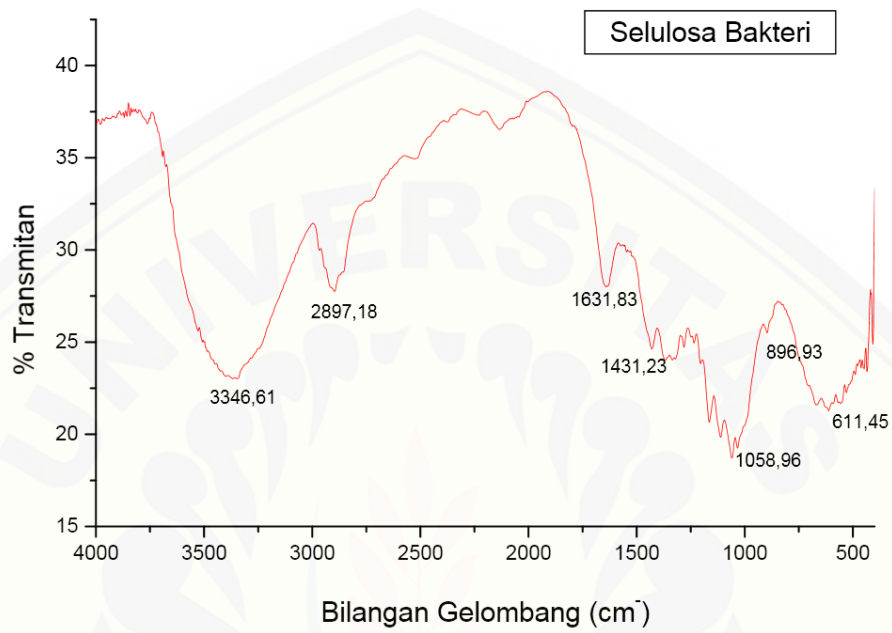
$$Rendemen(\%) = \frac{6,22g}{8,00g} \times 100\% = 77,78\%$$

| No. | Hidrolisis Ke- | Massa Awal (g) | Massa Akhir (g) | Rendemen (%) |
|-----|----------------|----------------|-----------------|--------------|
| 1. | I | 8,00 | 6,22 | 77,78 |
| 2. | II | 8,00 | 6,17 | 77,25 |

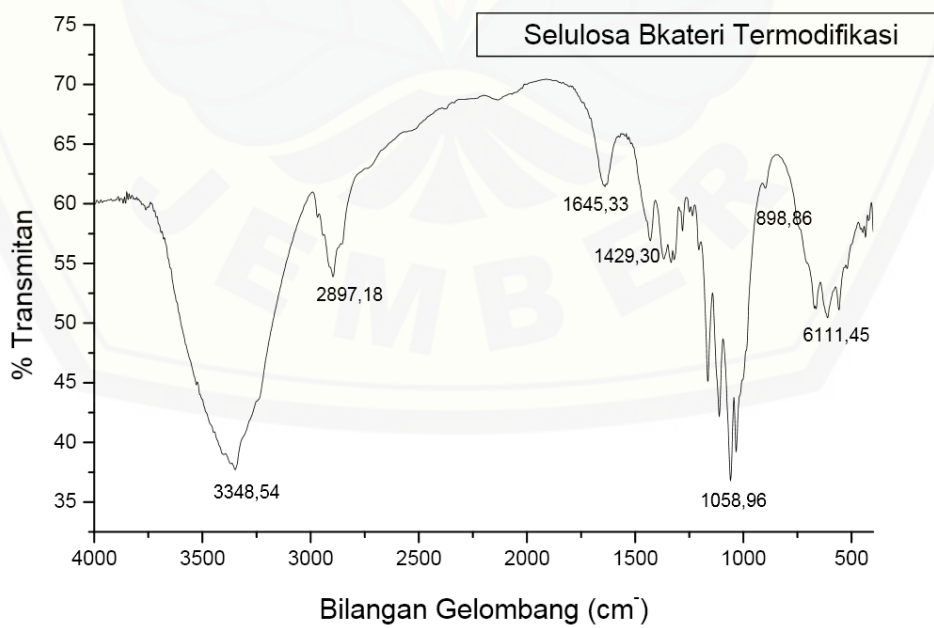
Lampiran 4.3 Karakterisasi Selulosa Bakteri Dan Selulosa Bakteri Termodifikasi

4.3.1 FTIR

a. Spektrum FTIR Selulosa Bakteri

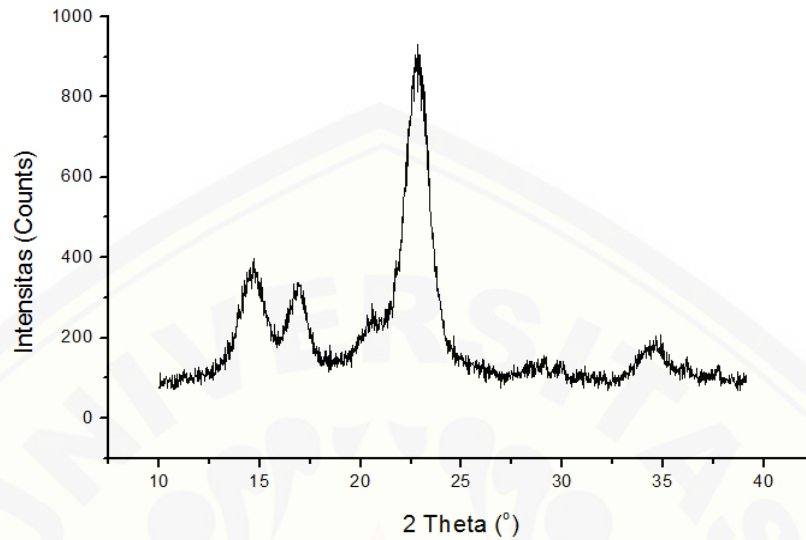


b. Spektrum FTIR Selulosa Bakteri Termodifikasi



4.3.2 XRD

a. Hasil Analisis XRD Selulosa Bakteri



Data Analisis Sampel Selulosa Bakteri

| # | Peak Data List | | | | | | |
|----------|----------------|---------|------|------------|--------------------|-------------------------|--|
| peak no. | 2Theta (deg) | d (Å) | I/I1 | FWHM (deg) | Intensity (Counts) | Integrated Int (Counts) | |
| 1 | 13.3007 | 6.65141 | 5 | 0.56000 | 26 | 1246 | |
| 2 | 14.7118 | 6.01645 | 32 | 1.53600 | 164 | 12295 | |
| 3 | 16.8878 | 5.24581 | 26 | 1.20500 | 129 | 8476 | |
| 4 | 20.6410 | 4.29965 | 15 | 1.44000 | 78 | 7841 | |
| 5 | 22.8352 | 3.89122 | 100 | 1.42340 | 505 | 39068 | |
| 6 | 28.4255 | 3.13738 | 3 | 0.72000 | 16 | 759 | |
| 7 | 29.5839 | 3.01712 | 12 | 0.88000 | 59 | 2736 | |
| 8 | 34.4984 | 2.59773 | 12 | 1.56000 | 59 | 4708 | |
| 9 | 36.0370 | 2.49027 | 4 | 0.96000 | 22 | 1629 | |
| 10 | 43.9646 | 2.05786 | 18 | 0.56000 | 90 | 2451 | |

Perhitungan Derajat Kristalinitas Selulosa Bakteri

$$S_c = FWHM_c \times I_c$$

$$S_c = 1,42340 \times 505$$

$$S_c = 718,817$$

$$S_a = FWHM_a \times I_a$$

$$S_a = 1,44000 \times 78$$

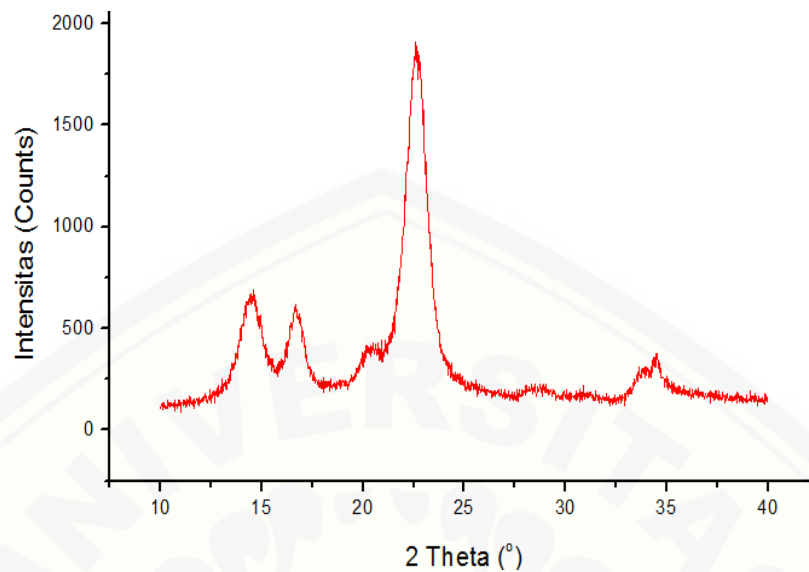
$$S_a = 112,32$$

$$Cr.I(\%) = \frac{S_c}{S_a + S_c}$$

$$Cr.I(\%) = \frac{718,817}{112,32 + 718,817}$$

$$Cr.I(\%) = 84,48\%$$

b. Hasil Analisis XRD Selulosa Bakteri Termodifikasi



Data Analisis Sampel Selulosa Bakteri

| # Peak Data List | | | | | | |
|------------------|--------------|---------|------|------------|--------------------|-------------------------|
| peak no. | 2Theta (deg) | d (Å) | I/I1 | FWHM (deg) | Intensity (Counts) | Integrated Int (Counts) |
| 1 | 14.5339 | 6.08969 | 29 | 1.33130 | 320 | 24149 |
| 2 | 16.7291 | 5.29522 | 23 | 0.99710 | 257 | 14625 |
| 3 | 20.5413 | 4.32029 | 12 | 1.44000 | 134 | 14418 |
| 4 | 22.6654 | 3.91999 | 100 | 1.24630 | 1107 | 70286 |
| 5 | 24.5918 | 3.61710 | 5 | 1.02000 | 56 | 7197 |
| 6 | 34.1920 | 2.62030 | 11 | 1.48000 | 117 | 11360 |

Perhitungan Derajat Kristalinitas Selulosa Bakteri Termodifikasi:

$$Sc = FWHMc \times Ic$$

$$Sc = 1,24630 \times 1107$$

$$Sc = 1379,6541$$

$$Sa = FWHMa \times Ia$$

$$Sa = 1,44000 \times 134$$

$$Sa = 192,96$$

$$Cr.I(\%) = \frac{Sc}{Sa + Sc}$$

$$Cr.I(\%) = \frac{1379,6541}{192,96 + 1379,6541}$$

$$Cr.I(\%) = 87,72\%$$

c. Persen Error alat XRD Shimadzu-7000

Construction**X-ray tubes**

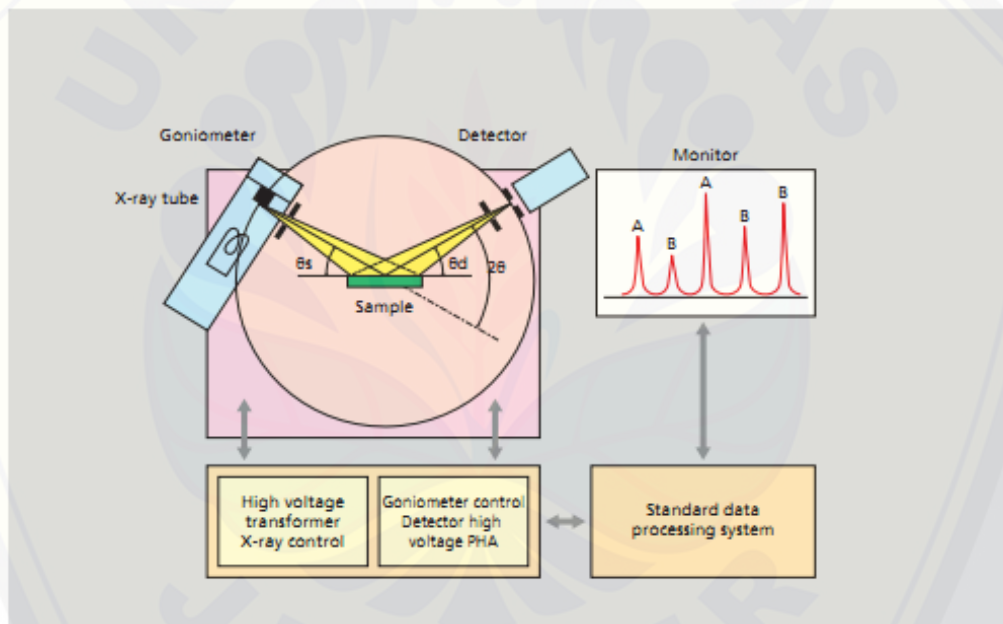
The XRD-7000 will accept various types of X-ray tubes, including the normal focus (NF) 2kW type and broad focus (BF) 2.7kW type, which are standard accessories, as well as the optional long fine focus (LFF) 2.2kW type. By attaching the optional counter monochromator, all types of samples, including Fe samples can be analyzed using the standard Cu X-ray tube.

Highly stable X-ray generator

Shimadzu's long experience in producing high-performance X-ray generators has provided an X-ray generator of high stability, with tube voltage and tube current both stable to within $\pm 0.01\%$. This stability is unaffected during fluctuation of source voltage or ambient temperature, ensuring high reliability of data even during prolonged periods of data acquisition.

Data Processing System

Instrument control and data processing are handled by a IBM PC/AT compatible PC, provided with abundant operation software pre-loaded on a large capacity hard disk drive, enabling high-speed analytical calculations in a user-friendly Windows environment. Windows 7 compatibility further enhances stability.



XRD-7000 Relational Diagram

4.3.3 Titrasi Konduktometri

a. Hasil Titrasi Konduktometri Selulosa Bakteri

| Volume NaOH (mL) | Konduktivitas (mS/cm) | | Volume NaOH (mL) | Konduktivitas (mS/cm) | |
|------------------|-----------------------|------|------------------|-----------------------|------|
| | U1 | U2 | | U1 | U2 |
| 0,5 | 0,43 | 0,45 | 11,3 | 0,29 | 0,29 |
| 1,0 | 0,4 | 0,40 | 11,4 | 0,29 | 0,29 |
| 1,5 | 0,4 | 0,40 | 11,5 | 0,29 | 0,29 |
| 2,0 | 0,39 | 0,39 | 11,6 | 0,29 | 0,29 |
| 2,5 | 0,38 | 0,38 | 11,7 | 0,29 | 0,29 |
| 3,0 | 0,37 | 0,38 | 11,8 | 0,29 | 0,29 |
| 3,5 | 0,37 | 0,37 | 11,9 | 0,29 | 0,29 |
| 4,0 | 0,36 | 0,36 | 12,0 | 0,29 | 0,29 |
| 4,5 | 0,35 | 0,36 | 12,1 | 0,29 | 0,29 |
| 5,0 | 0,35 | 0,35 | 12,2 | 0,29 | 0,29 |
| 5,5 | 0,34 | 0,34 | 12,3 | 0,29 | 0,29 |
| 6,0 | 0,33 | 0,34 | 12,4 | 0,29 | 0,29 |
| 6,5 | 0,33 | 0,33 | 12,5 | 0,29 | 0,29 |
| 7,0 | 0,32 | 0,33 | 12,6 | 0,29 | 0,29 |
| 7,5 | 0,31 | 0,32 | 12,7 | 0,29 | 0,29 |
| 8,0 | 0,31 | 0,32 | 12,8 | 0,29 | 0,29 |
| 8,5 | 0,31 | 0,31 | 12,9 | 0,29 | 0,29 |
| 9,0 | 0,31 | 0,31 | 13,0 | 0,29 | 0,29 |
| 9,1 | 0,31 | 0,31 | 13,1 | 0,29 | 0,29 |
| 9,2 | 0,31 | 0,31 | 13,2 | 0,29 | 0,29 |
| 9,3 | 0,31 | 0,30 | 13,3 | 0,29 | 0,29 |
| 9,4 | 0,30 | 0,30 | 13,4 | 0,29 | 0,29 |
| 9,5 | 0,30 | 0,30 | 13,5 | 0,29 | 0,29 |
| 9,6 | 0,30 | 0,30 | 13,6 | 0,29 | 0,29 |
| 9,7 | 0,30 | 0,30 | 13,7 | 0,29 | 0,29 |
| 9,8 | 0,30 | 0,30 | 13,8 | 0,29 | 0,29 |
| 9,9 | 0,30 | 0,30 | 13,9 | 0,29 | 0,29 |
| 10,0 | 0,30 | 0,30 | 14,0 | 0,29 | 0,29 |
| 10,1 | 0,30 | 0,30 | 14,1 | 0,29 | 0,29 |
| 10,2 | 0,30 | 0,30 | 14,2 | 0,29 | 0,29 |
| 10,3 | 0,30 | 0,29 | 14,3 | 0,29 | 0,29 |
| 10,4 | 0,30 | 0,29 | 14,4 | 0,29 | 0,29 |
| 10,5 | 0,29 | 0,29 | 14,5 | 0,29 | 0,29 |
| 10,6 | 0,29 | 0,29 | 14,6 | 0,29 | 0,30 |
| 10,7 | 0,29 | 0,29 | 14,7 | 0,29 | 0,30 |
| 10,8 | 0,29 | 0,29 | 14,8 | 0,30 | 0,30 |
| 10,9 | 0,29 | 0,29 | 14,9 | 0,30 | 0,30 |

| Volume NaOH (mL) | Konduktivitas (mS/cm) | | Volume NaOH (mL) | Konduktivitas (mS/cm) | |
|---------------------|-----------------------|------|------------------------|-----------------------|------|
| | U1 | U2 | | U1 | U2 |
| 15,0 | 0,30 | 0,30 | 19,0 | 0,31 | 0,31 |
| 15,1 | 0,30 | 0,30 | 19,1 | 0,31 | 0,31 |
| 15,2 | 0,30 | 0,30 | 15,2 | 0,30 | 0,30 |
| 15,3 | 0,30 | 0,30 | 15,3 | 0,30 | 0,30 |
| 15,4 | 0,30 | 0,30 | 15,4 | 0,30 | 0,30 |
| 15,5 | 0,30 | 0,30 | 15,5 | 0,30 | 0,30 |
| 15,6 | 0,30 | 0,30 | 15,6 | 0,30 | 0,30 |
| 15,7 | 0,30 | 0,30 | 15,7 | 0,30 | 0,30 |
| 15,8 | 0,30 | 0,30 | 15,8 | 0,30 | 0,30 |
| 15,9 | 0,30 | 0,30 | 15,9 | 0,30 | 0,30 |
| 16,0 | 0,30 | 0,30 | 16,0 | 0,30 | 0,30 |
| 16,1 | 0,30 | 0,30 | 16,1 | 0,30 | 0,30 |
| 16,2 | 0,30 | 0,30 | 16,2 | 0,30 | 0,30 |
| 16,3 | 0,30 | 0,30 | 16,3 | 0,30 | 0,30 |
| 16,4 | 0,30 | 0,30 | 16,4 | 0,30 | 0,30 |
| 16,5 | 0,30 | 0,30 | 16,5 | 0,30 | 0,30 |
| 16,6 | 0,30 | 0,30 | 16,6 | 0,30 | 0,30 |
| 16,7 | 0,30 | 0,30 | 16,7 | 0,30 | 0,30 |
| 16,8 | 0,30 | 0,30 | 16,8 | 0,30 | 0,30 |
| 16,9 | 0,30 | 0,30 | 16,9 | 0,30 | 0,30 |
| 17,0 | 0,30 | 0,30 | 17,0 | 0,30 | 0,30 |
| 17,1 | 0,30 | 0,30 | 17,1 | 0,30 | 0,30 |
| 17,2 | 0,30 | 0,30 | 17,2 | 0,30 | 0,30 |
| 17,3 | 0,30 | 0,30 | 17,3 | 0,30 | 0,30 |
| 17,4 | 0,30 | 0,30 | 17,4 | 0,30 | 0,30 |
| 17,5 | 0,30 | 0,30 | 17,5 | 0,30 | 0,30 |
| 17,6 | 0,30 | 0,30 | 17,6 | 0,30 | 0,30 |
| 17,7 | 0,30 | 0,30 | 17,7 | 0,30 | 0,30 |
| 17,8 | 0,30 | 0,31 | 17,8 | 0,30 | 0,31 |
| 17,9 | 0,30 | 0,31 | 17,9 | 0,30 | 0,31 |
| 18,0 | 0,30 | 0,31 | 18,0 | 0,30 | 0,31 |
| 18,1 | 0,31 | 0,31 | 18,1 | 0,31 | 0,31 |
| 18,2 | 0,31 | 0,31 | 18,2 | 0,31 | 0,31 |
| 18,3 | 0,31 | 0,31 | 18,3 | 0,31 | 0,31 |
| 18,4 | 0,31 | 0,31 | 18,4 | 0,31 | 0,31 |
| 18,5 | 0,31 | 0,31 | 18,5 | 0,31 | 0,31 |
| 18,6 | 0,31 | 0,31 | 18,6 | 0,31 | 0,31 |
| 18,7 | 0,31 | 0,31 | 18,7 | 0,31 | 0,31 |
| 18,8 | 0,31 | 0,31 | 18,8 | 0,31 | 0,31 |

| Volume NaOH (mL) | Konduktivitas (mS/cm) | | Volume NaOH (mL) | Konduktivitas (mS/cm) | |
|------------------|-----------------------|------|------------------|-----------------------|------|
| | U1 | U2 | | U1 | U2 |
| 18,9 | 0,31 | 0,31 | 2,5 | 0,61 | 0,62 |
| 19,0 | 0,31 | 0,31 | 3,0 | 0,60 | 0,61 |
| 19,1 | 0,31 | 0,31 | 3,5 | 0,59 | 0,60 |
| 19,2 | 0,31 | 0,31 | 4,0 | 0,59 | 0,60 |
| 19,3 | 0,31 | 0,31 | 4,5 | 0,58 | 0,59 |
| 19,4 | 0,31 | 0,31 | 5,0 | 0,58 | 0,58 |
| 19,5 | 0,31 | 0,31 | 5,5 | 0,57 | 0,58 |
| 20,0 | 0,31 | 0,31 | 6,0 | 0,56 | 0,57 |
| 20,5 | 0,31 | 0,31 | 6,5 | 0,56 | 0,57 |
| 21,0 | 0,31 | 0,32 | 7,0 | 0,55 | 0,56 |
| 21,5 | 0,31 | 0,32 | 7,5 | 0,54 | 0,55 |
| 22,0 | 0,32 | 0,32 | 8,0 | 0,54 | 0,55 |
| 22,5 | 0,32 | 0,32 | 8,5 | 0,53 | 0,54 |
| 23,0 | 0,32 | 0,32 | 9,0 | 0,53 | 0,54 |
| 23,5 | 0,32 | 0,32 | 9,5 | 0,52 | 0,53 |
| 24,0 | 0,32 | 0,33 | 10,0 | 0,51 | 0,53 |
| 24,5 | 0,32 | 0,33 | 10,5 | 0,51 | 0,52 |
| 25,0 | 0,33 | 0,33 | 11,0 | 0,50 | 0,51 |
| 25,5 | 0,33 | 0,33 | 11,5 | 0,50 | 0,51 |
| 26,0 | 0,33 | 0,34 | 11,5 | 0,50 | 0,51 |
| 26,5 | 0,34 | 0,34 | 12,0 | 0,49 | 0,50 |
| 27,0 | 0,34 | 0,34 | 12,5 | 0,49 | 0,49 |
| 27,5 | 0,34 | 0,35 | 13,0 | 0,48 | 0,49 |
| 28,0 | 0,34 | 0,35 | 13,5 | 0,47 | 0,49 |
| 28,5 | 0,35 | 0,35 | 14,0 | 0,47 | 0,48 |
| 29,0 | 0,35 | 0,36 | 14,5 | 0,46 | 0,47 |
| 29,5 | 0,35 | 0,36 | 15,0 | 0,45 | 0,47 |
| 30,0 | 0,36 | 0,36 | 15,5 | 0,45 | 0,46 |
| | | | 16,0 | 0,44 | 0,45 |
| | | | 16,5 | 0,43 | 0,44 |
| | | | 17,0 | 0,43 | 0,44 |
| | | | 17,5 | 0,43 | 0,43 |
| | | | 18,0 | 0,42 | 0,43 |
| | | | 18,1 | 0,42 | 0,43 |
| | | | 18,2 | 0,42 | 0,42 |
| | | | 18,3 | 0,42 | 0,42 |
| | | | 18,4 | 0,41 | 0,42 |
| | | | 18,5 | 0,41 | 0,42 |

| Volume NaOH (mL) | Konduktivitas (mS/cm) | |
|------------------|-----------------------|------|
| | U1 | U2 |
| 0,5 | 0,63 | 0,64 |
| 1,0 | 0,63 | 0,63 |
| 1,5 | 0,62 | 0,63 |
| 2,0 | 0,61 | 0,62 |

b. Titrasi Konduktometri Selulosa Bakteri Termodifikasi

| Volume NaOH (mL) | Konduktivitas (mS/cm) | | Volume NaOH (mL) | Konduktivitas (mS/cm) | |
|---------------------|-----------------------|------|------------------------|-----------------------|------|
| | U1 | U2 | | U1 | U2 |
| 18,6 | 0,41 | 0,41 | 22,5 | 0,37 | 0,37 |
| 18,7 | 0,41 | 0,41 | 22,6 | 0,37 | 0,37 |
| 18,8 | 0,41 | 0,41 | 22,7 | 0,37 | 0,37 |
| 18,9 | 0,41 | 0,41 | 22,8 | 0,37 | 0,37 |
| 19,0 | 0,41 | 0,41 | 22,9 | 0,36 | 0,36 |
| 19,1 | 0,40 | 0,41 | 23,0 | 0,36 | 0,36 |
| 19,2 | 0,40 | 0,41 | 23,1 | 0,36 | 0,36 |
| 19,3 | 0,40 | 0,41 | 23,2 | 0,36 | 0,36 |
| 19,4 | 0,40 | 0,40 | 23,4 | 0,36 | 0,36 |
| 19,5 | 0,40 | 0,40 | 23,6 | 0,36 | 0,35 |
| 19,6 | 0,40 | 0,40 | 23,7 | 0,36 | 0,35 |
| 19,7 | 0,40 | 0,40 | 23,8 | 0,35 | 0,35 |
| 19,8 | 0,40 | 0,4 | 23,9 | 0,35 | 0,35 |
| 19,9 | 0,40 | 0,40 | 24,0 | 0,35 | 0,35 |
| 20,0 | 0,40 | 0,40 | 24,1 | 0,35 | 0,35 |
| 20,1 | 0,40 | 0,40 | 24,2 | 0,35 | 0,34 |
| 20,2 | 0,39 | 0,40 | 24,3 | 0,35 | 0,34 |
| 20,3 | 0,39 | 0,40 | 24,4 | 0,35 | 0,34 |
| 20,4 | 0,39 | 0,39 | 24,5 | 0,35 | 0,34 |
| 20,5 | 0,39 | 0,39 | 24,6 | 0,35 | 0,34 |
| 20,6 | 0,39 | 0,39 | 24,7 | 0,34 | 0,34 |
| 20,7 | 0,39 | 0,39 | 24,8 | 0,34 | 0,34 |
| 20,8 | 0,39 | 0,39 | 24,9 | 0,34 | 0,34 |
| 20,9 | 0,39 | 0,39 | 25,0 | 0,34 | 0,33 |
| 21,0 | 0,39 | 0,39 | 25,1 | 0,34 | 0,33 |
| 21,1 | 0,38 | 0,38 | 25,2 | 0,33 | 0,33 |
| 21,2 | 0,38 | 0,38 | 25,3 | 0,33 | 0,33 |
| 21,3 | 0,38 | 0,38 | 25,4 | 0,33 | 0,33 |
| 21,4 | 0,38 | 0,38 | 25,5 | 0,33 | 0,33 |
| 21,5 | 0,38 | 0,38 | 25,6 | 0,33 | 0,33 |
| 21,6 | 0,38 | 0,38 | 25,7 | 0,33 | 0,33 |
| 21,7 | 0,38 | 0,38 | 25,9 | 0,33 | 0,32 |
| 21,8 | 0,38 | 0,38 | 26,0 | 0,32 | 0,32 |
| 21,9 | 0,37 | 0,38 | 26,1 | 0,32 | 0,32 |
| 22,0 | 0,37 | 0,37 | 26,2 | 0,32 | 0,32 |
| 22,1 | 0,37 | 0,37 | 26,3 | 0,32 | 0,32 |
| 22,2 | 0,37 | 0,37 | 26,4 | 0,32 | 0,33 |
| 22,3 | 0,37 | 0,37 | 26,5 | 0,33 | 0,33 |
| 22,4 | 0,37 | 0,37 | 26,6 | 0,33 | 0,33 |

| Volume NaOH (mL) | Konduktivitas (mS/cm) | | Volume NaOH (mL) | Konduktivitas (mS/cm) | |
|------------------|-----------------------|------|------------------|-----------------------|------|
| | U1 | U2 | | U1 | U2 |
| 26,7 | 0,33 | 0,33 | 2,0 | 0,61 | 0,61 |
| 26,8 | 0,33 | 0,33 | 2,5 | 0,61 | 0,60 |
| 26,9 | 0,33 | 0,33 | 3,0 | 0,60 | 0,60 |
| 27,0 | 0,33 | 0,33 | 3,5 | 0,59 | 0,59 |
| 27,5 | 0,33 | 0,33 | 4,0 | 0,59 | 0,59 |
| 28,0 | 0,33 | 0,34 | 4,5 | 0,58 | 0,58 |
| 28,5 | 0,34 | 0,34 | 5,0 | 0,57 | 0,58 |
| 29,0 | 0,34 | 0,34 | 5,5 | 0,57 | 0,57 |
| 29,5 | 0,34 | 0,35 | 6,0 | 0,56 | 0,57 |
| 30,0 | 0,34 | 0,35 | 6,5 | 0,56 | 0,56 |
| 30,5 | 0,35 | 0,35 | 7,0 | 0,55 | 0,56 |
| 31,0 | 0,35 | 0,35 | 7,5 | 0,54 | 0,55 |
| 31,5 | 0,35 | 0,36 | 8,0 | 0,54 | 0,54 |
| 32,0 | 0,35 | 0,36 | 8,5 | 0,53 | 0,54 |
| 32,5 | 0,36 | 0,36 | 9,0 | 0,53 | 0,53 |
| 33,0 | 0,36 | 0,37 | 9,5 | 0,52 | 0,53 |
| 33,5 | 0,36 | 0,37 | 10,0 | 0,51 | 0,52 |
| 34,0 | 0,36 | 0,37 | 10,5 | 0,51 | 0,51 |
| 34,5 | 0,37 | 0,38 | 11,0 | 0,50 | 0,51 |
| 35,0 | 0,37 | 0,38 | 11,5 | 0,50 | 0,50 |
| 35,5 | 0,37 | 0,38 | 12,0 | 0,49 | 0,50 |
| 36,0 | 0,38 | 0,38 | 12,5 | 0,48 | 0,50 |
| 36,5, | 0,38 | 0,39 | 13,0 | 0,48 | 0,49 |
| 37,0 | 0,38 | 0,39 | 13,5 | 0,47 | 0,48 |
| 37,5 | 0,39 | 0,40 | 14,0 | 0,47 | 0,48 |
| 38,0 | 0,39 | 0,40 | 14,5 | 0,46 | 0,47 |
| 38,5 | 0,40 | 0,40 | 15,0 | 0,45 | 0,46 |
| 39,0 | 0,40 | 0,40 | 15,5 | 0,45 | 0,46 |
| 39,5 | 0,40 | 0,41 | 16,0 | 0,44 | 0,45 |
| 40,0 | 0,40 | 0,41 | 16,5 | 0,44 | 0,45 |
| | | | 17,0 | 0,43 | 0,44 |
| | | | 17,5 | 0,42 | 0,44 |
| | | | 18,0 | 0,42 | 0,43 |
| | | | 18,1 | 0,42 | 0,43 |
| | | | 18,2 | 0,42 | 0,43 |
| | | | 18,3 | 0,42 | 0,43 |
| | | | 18,4 | 0,41 | 0,42 |
| | | | 18,5 | 0,41 | 0,42 |

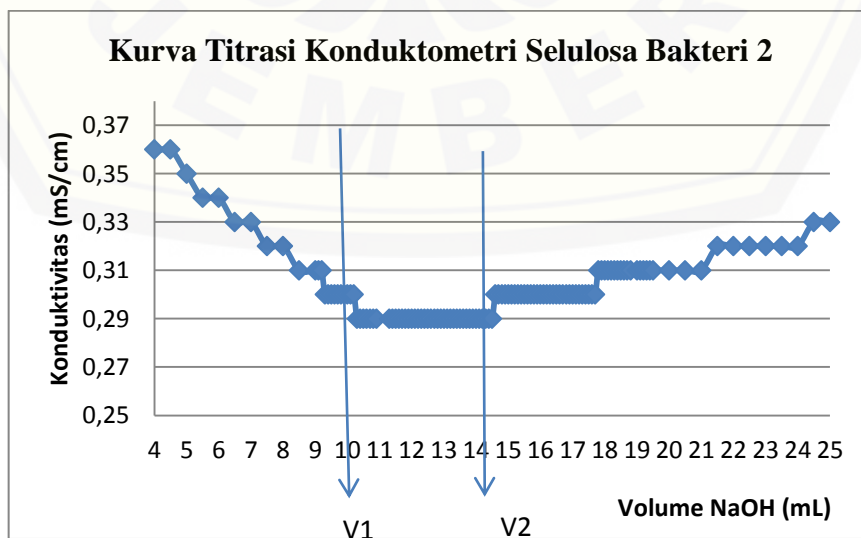
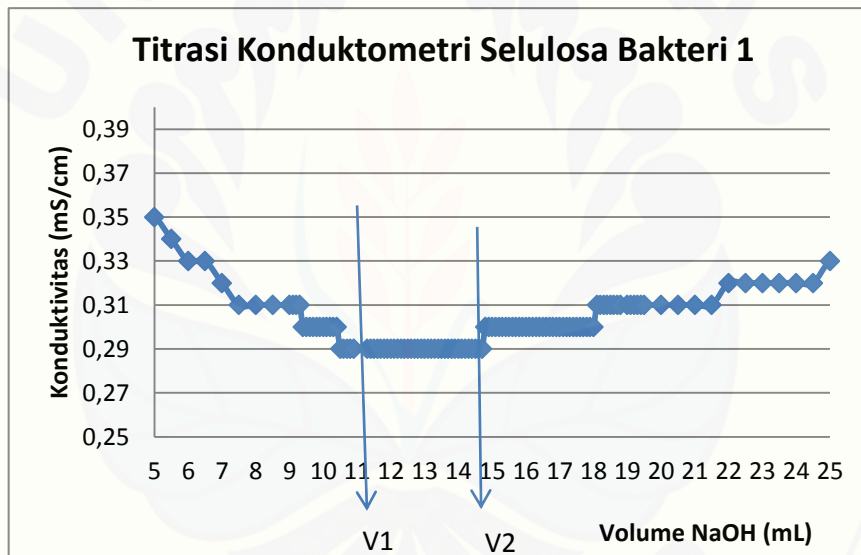
c. Titrasi Konduktometri tanpa Serat

| Volume NaOH (mL) | Konduktivitas (mS/cm) | |
|------------------|-----------------------|------|
| | U1 | U2 |
| 0,5 | 0,63 | 0,63 |
| 1,0 | 0,63 | 0,62 |
| 1,5 | 0,62 | 0,62 |

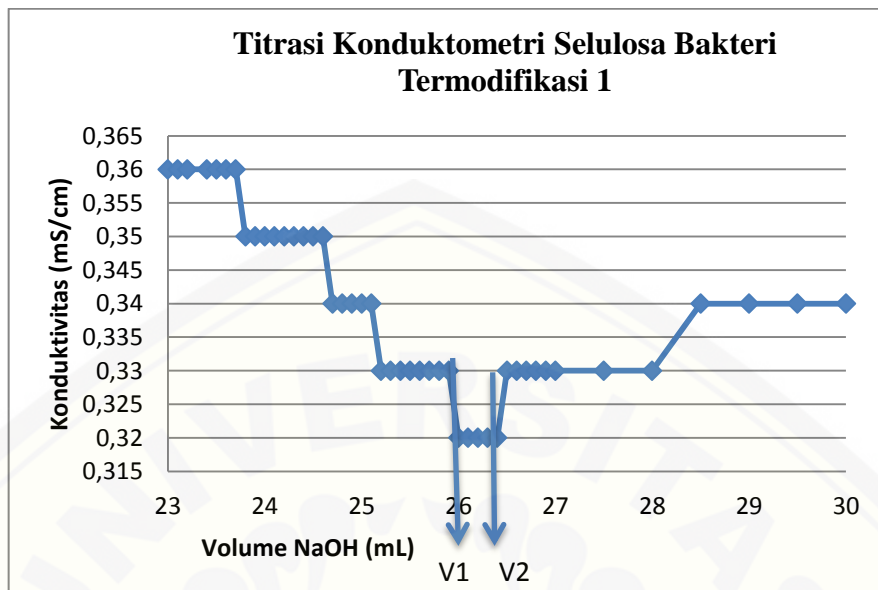
| Volume NaOH (mL) | Konduktivitas (mS/cm) | | Volume NaOH (mL) | Konduktivitas (mS/cm) | |
|---------------------|-----------------------|------|------------------------|-----------------------|------|
| | U1 | U2 | | U1 | U2 |
| 18,6 | 0,41 | 0,42 | 22,6 | 0,36 | 0,36 |
| 18,8 | 0,41 | 0,41 | 22,7 | 0,36 | 0,36 |
| 18,9 | 0,41 | 0,41 | 22,8 | 0,36 | 0,36 |
| 19,0 | 0,41 | 0,41 | 22,9 | 0,36 | 0,36 |
| 19,1 | 0,41 | 0,41 | 23,0 | 0,36 | 0,36 |
| 19,2 | 0,40 | 0,41 | 23,1 | 0,35 | 0,36 |
| 19,3 | 0,40 | 0,41 | 23,2 | 0,35 | 0,36 |
| 19,4 | 0,40 | 0,40 | 23,4 | 0,35 | 0,35 |
| 19,5 | 0,40 | 0,40 | 23,5 | 0,35 | 0,35 |
| 19,6 | 0,40 | 0,40 | 23,6 | 0,35 | 0,35 |
| 19,7 | 0,40 | 0,40 | 23,7 | 0,35 | 0,35 |
| 19,8 | 0,40 | 0,40 | 23,8 | 0,35 | 0,35 |
| 19,9 | 0,39 | 0,40 | 23,9 | 0,35 | 0,35 |
| 20,0 | 0,39 | 0,40 | 24,0 | 0,35 | 0,35 |
| 20,1 | 0,39 | 0,39 | 24,1 | 0,34 | 0,35 |
| 20,2 | 0,39 | 0,39 | 24,2 | 0,34 | 0,35 |
| 20,3 | 0,39 | 0,39 | 24,3 | 0,34 | 0,34 |
| 20,4 | 0,39 | 0,39 | 24,4 | 0,34 | 0,34 |
| 20,5 | 0,39 | 0,39 | 24,5 | 0,34 | 0,34 |
| 20,6 | 0,39 | 0,39 | 24,6 | 0,34 | 0,34 |
| 20,7 | 0,38 | 0,39 | 24,7 | 0,34 | 0,34 |
| 20,8 | 0,38 | 0,39 | 24,8 | 0,34 | 0,34 |
| 20,9 | 0,38 | 0,38 | 24,9 | 0,34 | 0,34 |
| 21,0 | 0,38 | 0,38 | 25,0 | 0,34 | 0,34 |
| 21,1 | 0,38 | 0,38 | 25,1 | 0,33 | 0,34 |
| 21,2 | 0,38 | 0,38 | 25,2 | 0,33 | 0,34 |
| 21,3 | 0,38 | 0,38 | 25,3 | 0,33 | 0,33 |
| 21,4 | 0,38 | 0,38 | 25,4 | 0,33 | 0,33 |
| 21,5 | 0,37 | 0,38 | 25,5 | 0,33 | 0,33 |
| 21,6 | 0,37 | 0,38 | 25,6 | 0,33 | 0,33 |
| 21,7 | 0,37 | 0,37 | 25,7 | 0,33 | 0,33 |
| 21,8 | 0,37 | 0,37 | 25,8 | 0,33 | 0,33 |
| 21,9 | 0,37 | 0,37 | 25,9 | 0,34 | 0,33 |
| 22,0 | 0,37 | 0,37 | 26,0 | 0,34 | 0,34 |
| 22,1 | 0,37 | 0,37 | 26,1 | 0,34 | 0,34 |
| 22,2 | 0,36 | 0,37 | 26,2 | 0,34 | 0,34 |
| 22,3 | 0,36 | 0,37 | 26,3 | 0,34 | 0,34 |
| 22,4 | 0,36 | 0,36 | 26,4 | 0,34 | 0,34 |
| 22,5 | 0,36 | 0,36 | 26,5 | 0,34 | 0,34 |

| Volume NaOH (mL) | Konduktivitas (mS/cm) | | Volume NaOH | Konduktivitas (mS/cm) | |
|------------------|-----------------------|------|-------------|-----------------------|------|
| | U1 | U2 | | U1 | U2 |
| 26,6 | 0,34 | 0,34 | 30,5 | 0,36 | 0,35 |
| 26,7 | 0,34 | 0,34 | 31,0 | 0,36 | 0,36 |
| 26,8 | 0,34 | 0,34 | 31,5 | 0,37 | 0,36 |
| 26,9 | 0,34 | 0,34 | 32,0 | 0,37 | 0,36 |
| 27,0 | 0,34 | 0,34 | 32,5 | 0,37 | 0,37 |
| 27,5 | 0,34 | 0,34 | 33,0 | 0,38 | 0,37 |
| 28,0 | 0,35 | 0,34 | 33,5 | 0,38 | 0,37 |
| 28,5 | 0,35 | 0,34 | 34,0 | 0,38 | 0,38 |
| 29,0 | 0,35 | 0,35 | 34,5 | 0,39 | 0,38 |

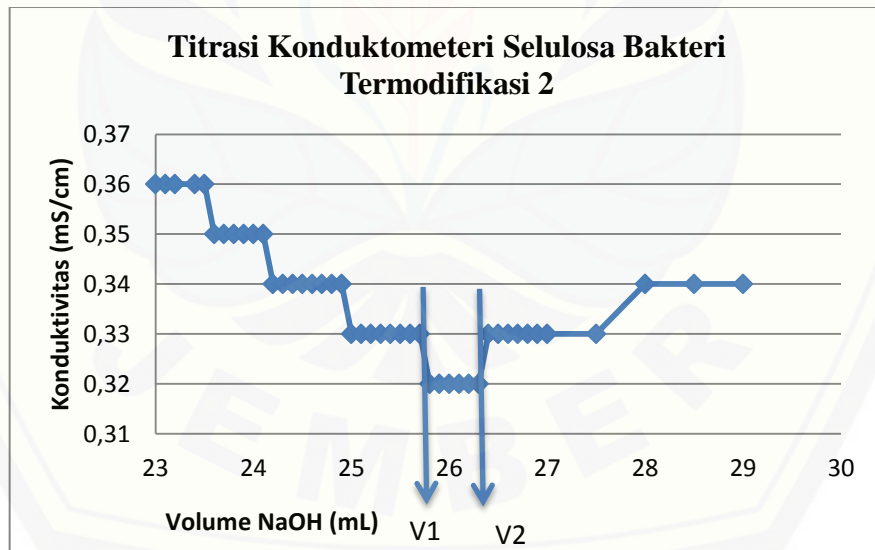
d. Kurva Titrasi Konduktometri Selulosa Bakteri



e. Titrasi Konduktometri Pada Selosa Bakteri Termodifikasi



V1 = 26,0 mL
V2 = 26,4 mL



V1 = 25,8 mL
V2 = 26,3 mL

Pengulangan I

$$COO - (mmol / Kg) = \frac{C(V2 - V1)}{m}$$

$$COO - (mmol / Kg) = \frac{10mmol / L(0,0264 - 0,0260)L}{m}$$

$$COO - (mmol / Kg) = \frac{10mmol / L(0,0004L)}{0,0005Kg}$$

$$COO - (mmol / Kg) = \frac{0,004mmol}{0,0005Kg} mmol / Kg$$

$$COO - (mmol / Kg) = 8mmol / Kg$$

Pengulangan II

$$COO - (mmol / Kg) = \frac{C(V2 - V1)}{m}$$

$$COO - (mmol / Kg) = \frac{10mmol / L(0,0263 - 0,0258)L}{m}$$

$$COO - (mmol / Kg) = \frac{10mmol / L(0,0005L)}{0,0005Kg}$$

$$COO - (mmol / Kg) = \frac{0,005mmol}{0,0005Kg} mmol / Kg$$

$$COO - (mmol / Kg) = 10mmol / Kg$$

Jumlah Mautan Karboksil (COO⁻) adalah:

$$Rata - rata = \frac{Pengulangan1 + Pengulangan2}{2}$$

$$Rata - rata = \frac{8mmol / Kg + 10mmol / Kg}{2}$$

$$Rata - rata = 9mmol / Kg$$

f. Standarisasi NaOH 0,01 M dengan Asam Oksalat 0,05 M

Pengulangan 1

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$0,05M \times 10mL \times 2 = M1 \times 99,0mL$$

$$\frac{1,0}{99,0} = M1$$

$$0,01M = M1$$

Pengulangan II

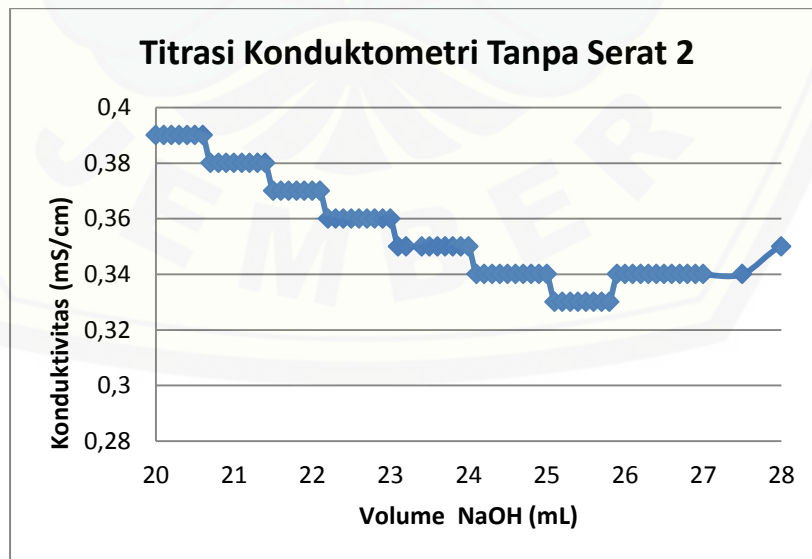
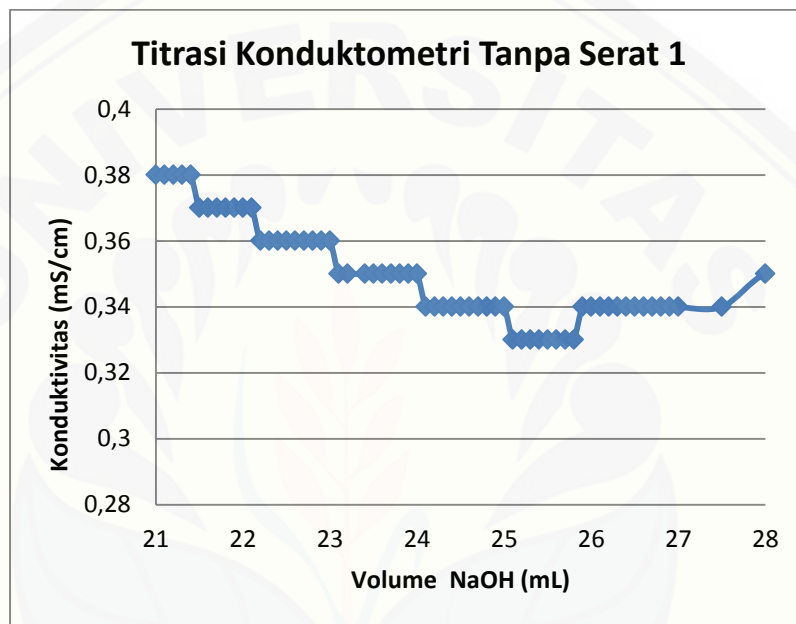
$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$0,05M \times 10mL \times 2 = M1 \times 99,2mL$$

$$\frac{1,0}{99,2} = M1$$

$$0,01M = M1$$

g. Kurva Titrasi Kurva Titrasi Konduktometri Tanpa Serat



h. Titrasi Konduktometri Penambahan NaOH 0,5 mL secara terus menerus

1. Titrasi Konduktometri Selulosa Bakteri 2. Selulosa Bakteri Termodifikasi

| Volume NaOH (mL) | Konduktivitas (mS/cm) | | Volume NaOH (mL) | Konduktivitas (mS/cm) | |
|---------------------|-----------------------|------|---------------------|-----------------------|------|
| | U1 | U2 | | U1 | U2 |
| 0,5 | 0,27 | 0,28 | 0,5 | 0,45 | 0,45 |
| 1,0 | 0,27 | 0,28 | 1,0 | 0,44 | 0,44 |
| 1,5 | 0,27 | 0,28 | 1,5 | 0,44 | 0,44 |
| 2,0 | 0,27 | 0,28 | 2,0 | 0,43 | 0,43 |
| 2,5 | 0,27 | 0,26 | 2,5 | 0,42 | 0,42 |
| 3,0 | 0,26 | 0,26 | 3,0 | 0,42 | 0,42 |
| 3,5 | 0,26 | 0,26 | 3,5 | 0,41 | 0,41 |
| 4,0 | 0,26 | 0,26 | 4,0 | 0,40 | 0,40 |
| 4,5 | 0,25 | 0,25 | 4,5 | 0,40 | 0,40 |
| 5,0 | 0,25 | 0,25 | 5,0 | 0,39 | 0,39 |
| 5,5 | 0,24 | 0,25 | 5,5 | 0,39 | 0,38 |
| 6,0 | 0,24 | 0,24 | 6,0 | 0,38 | 0,38 |
| 6,5 | 0,24 | 0,24 | 6,5 | 0,37 | 0,37 |
| 7,0 | 0,24 | 0,24 | 7,0 | 0,37 | 0,36 |
| 7,5 | 0,24 | 0,24 | 7,5 | 0,36 | 0,36 |
| 8,0 | 0,24 | 0,24 | 8,0 | 0,36 | 0,35 |
| 8,5 | 0,24 | 0,24 | 8,5 | 0,35 | 0,34 |
| 9,0 | 0,24 | 0,24 | 9,0 | 0,34 | 0,34 |
| 9,5 | 0,24 | 0,24 | 9,5 | 0,34 | 0,33 |
| 10,0 | 0,25 | 0,24 | 10,0 | 0,33 | 0,33 |
| 10,5 | 0,25 | 0,25 | 10,5 | 0,33 | 0,32 |
| 11,0 | 0,26 | 0,25 | 11,0 | 0,32 | 0,31 |
| 11,5 | 0,26 | 0,25 | 11,5 | 0,32 | 0,30 |
| 12,0 | 0,26 | 0,26 | 12,0 | 0,31 | 0,30 |
| 12,5 | 0,27 | 0,26 | 12,5 | 0,30 | 0,29 |
| 13,0 | 0,27 | 0,26 | 13,0 | 0,30 | 0,28 |
| 13,5 | 0,27 | 0,27 | 13,5 | 0,29 | 0,28 |
| 14,0 | 0,27 | 0,27 | 14,0 | 0,29 | 0,27 |
| 14,5 | 0,28 | 0,27 | 14,5 | 0,28 | 0,27 |
| 15,0 | 0,28 | 0,27 | 15,0 | 0,27 | 0,26 |
| 15,5 | 0,28 | 0,28 | 15,5 | 0,27 | 0,25 |
| 16,0 | 0,28 | 0,28 | 16,0 | 0,26 | 0,25 |
| 16,5 | 0,28 | 0,28 | 16,5 | 0,26 | 0,24 |
| 17,0 | 0,29 | 0,28 | 17,0 | 0,25 | 0,24 |
| 17,5 | 0,29 | 0,28 | 17,5 | 0,25 | 0,23 |
| 18,0 | 0,29 | 0,28 | 18,0 | 0,24 | 0,22 |
| 18,5 | 0,29 | 0,29 | 18,5 | 0,24 | 0,22 |
| 19,0 | 0,30 | 0,29 | 19,0 | 0,23 | 0,22 |

| Volume NaOH (mL) | Konduktivitas (mS/cm) | | Volume NaOH (mL) | Konduktivitas (mS/cm) | |
|---------------------|-----------------------|------|---------------------|-----------------------|------|
| | U1 | U2 | | U1 | U2 |
| 19,5 | 0,23 | 0,21 | 39,0 | 0,33 | 0,34 |
| 20,0 | 0,22 | 0,21 | 39,5 | 0,33 | 0,34 |
| 20,5 | 0,22 | 0,22 | 40,0 | 0,34 | 0,35 |
| 21,0 | 0,23 | 0,22 | 40,5 | 0,34 | 0,35 |
| 21,5 | 0,23 | 0,22 | 41,0 | 0,34 | 0,35 |
| 22,0 | 0,24 | 0,22 | 41,5 | 0,35 | 0,35 |
| 22,5 | 0,24 | 0,23 | 42,0 | 0,35 | 0,36 |
| 23,0 | 0,24 | 0,23 | 42,5 | 0,35 | 0,36 |
| 23,5 | 0,25 | 0,23 | 43,0 | 0,35 | 0,36 |
| 24,0 | 0,25 | 0,23 | 43,5 | 0,36 | 0,37 |
| 24,5 | 0,25 | 0,23 | 44,0 | 0,36 | 0,37 |
| 25,0 | 0,25 | 0,24 | 44,5 | 0,36 | 0,38 |
| 25,5 | 0,26 | 0,24 | 45,0 | 0,36 | 0,38 |
| 26,0 | 0,26 | 0,25 | 45,5 | 0,37 | 0,38 |
| 26,5 | 0,26 | 0,25 | 46,0 | 0,37 | 0,38 |
| 27,0 | 0,27 | 0,25 | 46,5 | 0,37 | 0,39 |
| 27,5 | 0,27 | 0,25 | 47,0 | 0,38 | 0,39 |
| 28,0 | 0,27 | 0,26 | 47,5 | 0,38 | 0,39 |
| 28,5 | 0,27 | 0,26 | | | |
| 29,0 | 0,28 | 0,27 | | | |
| 29,5 | 0,28 | 0,27 | | | |
| 30,0 | 0,28 | 0,27 | | | |
| 30,5 | 0,29 | 0,28 | | | |
| 31,0 | 0,29 | 0,28 | | | |
| 31,5 | 0,29 | 0,28 | | | |
| 32,0 | 0,29 | 0,29 | | | |
| 32,5 | 0,30 | 0,29 | | | |
| 33,0 | 0,30 | 0,30 | | | |
| 33,5 | 0,30 | 0,30 | | | |
| 34,0 | 0,31 | 0,31 | | | |
| 34,5 | 0,31 | 0,31 | | | |
| 35,0 | 0,31 | 0,31 | | | |
| 35,5 | 0,31 | 0,31 | | | |
| 36,0 | 0,32 | 0,32 | | | |
| 36,5 | 0,32 | 0,32 | | | |
| 37,0 | 0,32 | 0,33 | | | |
| 37,5 | 0,32 | 0,33 | | | |
| 38,0 | 0,33 | 0,33 | | | |
| 38,5 | 0,33 | 0,34 | | | |

| 2. Tanpa Serat | | | | | |
|---------------------|-----------------------|------|---------------------|-----------------------|------|
| Volume NaOH (mL) | Konduktivitas (mS/cm) | | Volume NaOH (mL) | Konduktivitas (mS/cm) | |
| | U1 | U2 | | U1 | U2 |
| 0,5 | 0,49 | 0,49 | 0,5 | 0,49 | 0,49 |
| 1,0 | 0,48 | 0,48 | 1,0 | 0,48 | 0,48 |
| 1,5 | 0,47 | 0,47 | 1,5 | 0,47 | 0,47 |
| 2,0 | 0,46 | 0,47 | 2,0 | 0,46 | 0,47 |
| 2,5 | 0,44 | 0,46 | 2,5 | 0,44 | 0,46 |
| 3,0 | 0,44 | 0,45 | 3,0 | 0,44 | 0,45 |
| 3,5 | 0,43 | 0,44 | 3,5 | 0,43 | 0,44 |
| 4,0 | 0,42 | 0,43 | 4,0 | 0,42 | 0,43 |
| 4,5 | 0,41 | 0,42 | 4,5 | 0,41 | 0,42 |
| 5,0 | 0,40 | 0,42 | 5,0 | 0,40 | 0,42 |
| 5,5 | 0,39 | 0,4 | 5,5 | 0,39 | 0,4 |
| 6,0 | 0,38 | 0,4 | 6,0 | 0,38 | 0,4 |
| 6,5 | 0,37 | 0,39 | 6,5 | 0,37 | 0,39 |
| 7,0 | 0,36 | 0,38 | 7,0 | 0,36 | 0,38 |
| 7,5 | 0,36 | 0,37 | 7,5 | 0,36 | 0,37 |

| Volume NaOH (mL) | Konduktivitas (mS/cm) | | Volume NaOH (mL) | Konduktivitas (mS/cm) | |
|------------------|-----------------------|------|------------------|-----------------------|------|
| | U1 | U2 | | U1 | U2 |
| 8,0 | 0,35 | 0,37 | 20,5 | 0,24 | 0,23 |
| 8,5 | 0,34 | 0,36 | 21,0 | 0,24 | 0,24 |
| 9,0 | 0,34 | 0,35 | 21,5 | 0,25 | 0,24 |
| 9,5 | 0,33 | 0,35 | 22,0 | 0,24 | 0,24 |
| 10,0 | 0,33 | 0,34 | 22,5 | 0,26 | 0,25 |
| 10,5 | 0,32 | 0,33 | 23,0 | 0,26 | 0,25 |
| 11,0 | 0,32 | 0,33 | 23,5 | 0,27 | 0,26 |
| 11,5 | 0,31 | 0,32 | 24,0 | 0,27 | 0,26 |
| 12,0 | 0,31 | 0,32 | 24,5 | 0,28 | 0,27 |
| 12,5 | 0,31 | 0,30 | 25,0 | 0,28 | 0,27 |
| 13,0 | 0,30 | 0,30 | 25,5 | 0,29 | 0,28 |
| 13,5 | 0,30 | 0,30 | 26,0 | 0,30 | 0,29 |
| 14,0 | 0,29 | 0,29 | 26,5 | 0,30 | 0,29 |
| 14,5 | 0,28 | 0,28 | 27,0 | 0,31 | 0,30 |
| 15,0 | 0,27 | 0,27 | 27,5 | 0,31 | 0,30 |
| 15,5 | 0,26 | 0,26 | 28,0 | 0,32 | 0,31 |
| 16,0 | 0,26 | 0,26 | 28,5 | 0,32 | 0,31 |
| 16,5 | 0,26 | 0,26 | 29,0 | 0,33 | 0,32 |
| 17,0 | 0,25 | 0,25 | 29,5 | 0,33 | 0,32 |
| 17,5 | 0,25 | 0,25 | 30,0 | 0,33 | 0,32 |
| 18,0 | 0,24 | 0,25 | 30,5 | 0,34 | 0,33 |
| 18,5 | 0,24 | 0,24 | 31,0 | 0,34 | 0,33 |
| 19,0 | 0,24 | 0,24 | 31,5 | 0,35 | 0,33 |
| 19,5 | 0,23 | 0,24 | 32,0 | 0,35 | 0,34 |
| 20,0 | 0,23 | 0,23 | 32,5 | 0,36 | 0,34 |

i. Penentuan Jumlah Muatan

Pengulangan I

$$COO - (mmol / Kg) = \frac{C(V2 - V1)}{m}$$

$$COO - (mmol / Kg) = \frac{10mmol / L(0,0205 - 0,0200)L}{m}$$

$$COO - (mmol / Kg) = \frac{10mmol / L(0,0005L)}{0,0005Kg}$$

$$COO - (mmol / Kg) = \frac{0,005mmol}{0,0005Kg} mmol / Kg$$

$$COO - (mmol / Kg) = 10mmol / Kg$$

Pengulangan II

$$COO - (mmol / Kg) = \frac{C(V2 - V1)}{m}$$

$$COO - (mmol / Kg) = \frac{10mmol / L(0,0200 - 0,0195)L}{m}$$

$$COO - (mmol / Kg) = \frac{10mmol / L(0,0005L)}{0,0005Kg}$$

$$COO - (mmol / Kg) = \frac{0,005mmol}{0,0005Kg} mmol / Kg$$

$$COO - (mmol / Kg) = 10mmol / Kg$$

Jumlah Mautan Karboksil (COO⁻) adalah:

$$Rata - rata = \frac{Pengulangan1 + Pengulangan2}{2}$$

$$Rata - rata = \frac{10mmol / Kg + 10mmol / Kg}{2}$$

$$Rata - rata = 10mmol / Kg$$

j. Standarisasi NaOH 0,01 M dengan Asam Oksalat 0,05 M

Pengulangan 1

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$0,05M \times 10mL \times 2 = M1 \times 99,2mL$$

$$\frac{1,0}{99,2} = M1$$

$$0,01M = M1$$

Pengulangan 2

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$0,05M \times 10mL \times 2 = M1 \times 99,5mL$$

$$\frac{1,0}{99,5} = M1$$

$$0,01M = M1$$

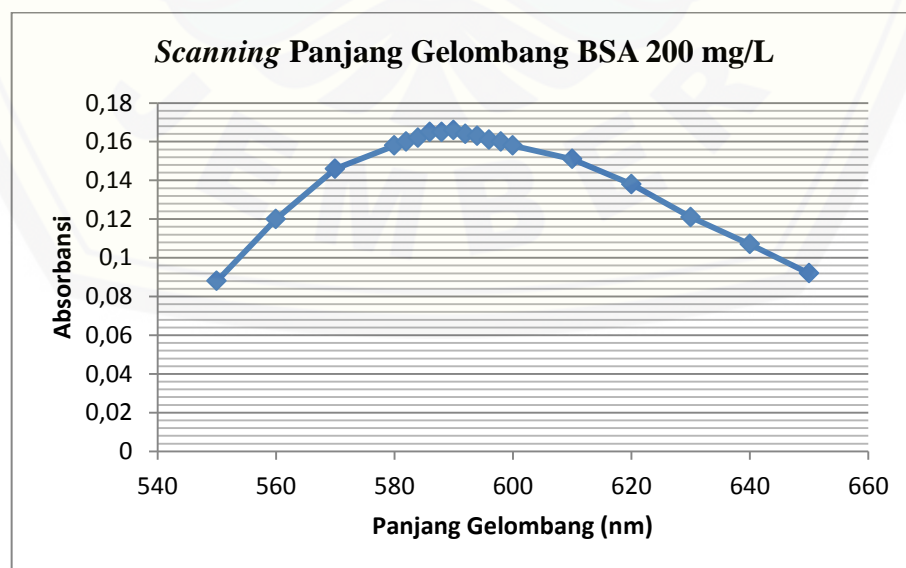
Lampiran 4.4 Analisis Adsorpsi Protein

4.4.1 Scanning Panjang Gelombang

a. Tabel *Scanning* Panjang Gelombang dari Larutan Standar BSA 200 mg/L

| No. | Panjang Gelombang (nm) | Absorbansi | | | Rata-rata | SD |
|-----|------------------------|------------|-------|-------|-----------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | | |
| 1. | 550 | 0,087 | 0,088 | 0,088 | 0,088 | 0,0006 |
| 2. | 560 | 0,121 | 0,120 | 0,120 | 0,120 | 0,0006 |
| 3. | 570 | 0,146 | 0,146 | 0,146 | 0,146 | 0,0000 |
| 4. | 580 | 0,159 | 0,158 | 0,158 | 0,158 | 0,0006 |
| 5. | 582 | 0,160 | 0,160 | 0,160 | 0,160 | 0,0000 |
| 6. | 584 | 0,162 | 0,162 | 0,162 | 0,162 | 0,0000 |
| 7. | 586 | 0,165 | 0,165 | 0,165 | 0,165 | 0,0000 |
| 8. | 588 | 0,165 | 0,165 | 0,165 | 0,165 | 0,0000 |
| 9. | 590 | 0,166 | 0,166 | 0,166 | 0,166 | 0,0000 |
| 10. | 592 | 0,165 | 0,164 | 0,164 | 0,164 | 0,0006 |
| 11. | 594 | 0,163 | 0,163 | 0,162 | 0,163 | 0,0006 |
| 12. | 596 | 0,161 | 0,161 | 0,162 | 0,161 | 0,0006 |
| 13. | 598 | 0,159 | 0,160 | 0,160 | 0,16 | 0,0006 |
| 14. | 600 | 0,158 | 0,158 | 0,158 | 0,158 | 0,0000 |
| 15. | 610 | 0,151 | 0,151 | 0,15 | 0,151 | 0,0006 |
| 16. | 620 | 0,138 | 0,137 | 0,138 | 0,138 | 0,0006 |
| 17. | 630 | 0,120 | 0,121 | 0,121 | 0,121 | 0,0006 |
| 18. | 640 | 0,107 | 0,107 | 0,108 | 0,107 | 0,0006 |
| 19. | 650 | 0,091 | 0,092 | 0,092 | 0,092 | 0,0006 |

b. Grafik *Scanning* Panjang Gelombang

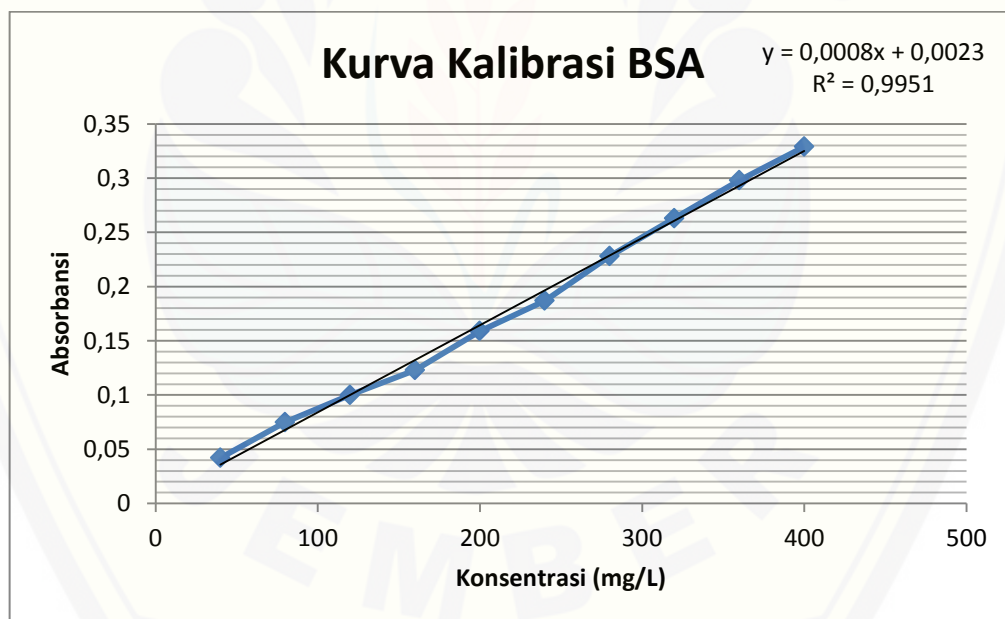


4.4.2 Kurva Kalibrasi

a. Tabel Pengukuran Larutan Standar pada Panjang Gelombang 590 nm

| No | Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi | | | Rata-rata | SD |
|-----|--------------------|------------|-------|-------|-----------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | | |
| 1. | 40 | 0,042 | 0,042 | 0,042 | 0,042 | 0,0000 |
| 2. | 80 | 0,075 | 0,075 | 0,075 | 0,075 | 0,0000 |
| 3. | 120 | 0,100 | 0,100 | 0,099 | 0,100 | 0,0006 |
| 4. | 160 | 0,123 | 0,124 | 0,124 | 0,124 | 0,0006 |
| 5. | 200 | 0,165 | 0,165 | 0,166 | 0,165 | 0,0006 |
| 6. | 240 | 0,187 | 0,187 | 0,188 | 0,187 | 0,0006 |
| 7. | 280 | 0,228 | 0,228 | 0,228 | 0,228 | 0,0000 |
| 8. | 320 | 0,263 | 0,262 | 0,263 | 0,263 | 0,0006 |
| 9. | 360 | 0,298 | 0,299 | 0,298 | 0,298 | 0,0006 |
| 10. | 400 | 0,329 | 0,329 | 0,329 | 0,336 | 0,0006 |

b. Kurva Kalibrasi BSA



4.4.3 Contoh Perhitungan Kemampuan Adsorpsi Protein BSA pada Variasi

Waktu

Konsentrasi Awal Protein BSA (C_0)

Absorbansi Protein BSA awal = 0,329

$$y = 0,0008x + 0,0023$$

$$0,329 = 0,0008x + 0,0023$$

$$0,329 - 0,0023 = 0,0008x$$

$$0,327 = 0,0008x$$

$$408,4 = x$$

$$C_0 = 408,4 \text{ mg / mL}$$

Konsentrasi BSA Sisa Adsorpsi

$$y = 0,0008x + 0,0023$$

$$0,325 = 0,0008x + 0,0023$$

$$0,325 - 0,0023 = 0,0008x$$

$$0,323 = 0,0008x$$

$$403,0 = x$$

$$C_t = 403,0 \text{ mg / L}$$

Penentuan Kemampuan Adsorpsi

$$q_t = (C_0 - C_t) \times \frac{V}{m}$$

$$q_t = (408,4 - 403,0) \times \frac{0,050 \text{ L}}{0,100 \text{ g}}$$

$$q_t = 5,400 \text{ mg / L} \times 0,5 \text{ L / g}$$

$$q_t = 2,721 \text{ mg / g}$$

- a. Tabel Kemampuan Adsorpsi Bovine Serum Albumin (BSA) dengan Variasi Waktu Kontak pada Selulosa Bakteri

| No | Waktu (Menit) | Ulangan | A | C_t (mg/L) | q_t (mg/g) | Rata-rata q_t (mg/g) | SD |
|----|---------------|---------|-------|--------------|--------------|------------------------|-------|
| 1. | 60 | 1 | 0,325 | 403,0 | 2,721 | 3,681 | 0,867 |
| | | 2 | 0,323 | 400,5 | 3,971 | | |
| | | 3 | 0,320 | 399,6 | 4,388 | | |
| 2. | 90 | 1 | 0,312 | 387,1 | 10,64 | 11,68 | 1,301 |
| | | 2 | 0,308 | 382,1 | 13,14 | | |
| | | 3 | 0,311 | 385,9 | 11,26 | | |
| 3. | 120 | 1 | 0,311 | 385,9 | 11,26 | 11,19 | 0,524 |
| | | 2 | 0,312 | 387,1 | 10,64 | | |
| | | 3 | 0,310 | 385,0 | 11,68 | | |
| 4. | 150 | 1 | 0,315 | 390,9 | 8,763 | 10,43 | 1,573 |
| | | 2 | 0,310 | 384,6 | 11,89 | | |
| | | 3 | 0,312 | 387,1 | 10,64 | | |
| 5. | 180 | 1 | 0,308 | 382,1 | 13,14 | 12,30 | 0,955 |
| | | 2 | 0,311 | 385,9 | 11,26 | | |
| | | 3 | 0,309 | 383,4 | 12,51 | | |

b. Tabel Kemampuan Adsorpsi *Bovine Serum Albumin* (BSA) dengan Variasi Waktu Kontak pada Selulosa Bakteri Termodifikasi

| No | Waktu (Menit) | Ulangan | A | C _t (mg/L) | q _t (mg/g) | Rata-rata q _t (mg/g) | SD |
|----|---------------|---------|-------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|-------|
| 1. | 60 | 1 | 0,285 | 353,4 | 27,51 | 28,14 | 1,654 |
| | | 2 | 0,281 | 348,4 | 30,01 | | |
| | | 3 | 0,286 | 354,6 | 26,89 | | |
| 2. | 90 | 1 | 0,274 | 339,6 | 34,39 | 34,60 | 0,361 |
| | | 2 | 0,273 | 338,4 | 35,01 | | |
| | | 3 | 0,274 | 339,6 | 34,39 | | |
| 3. | 120 | 1 | 0,273 | 338,4 | 35,01 | 34,39 | 0,625 |
| | | 2 | 0,275 | 340,9 | 33,76 | | |
| | | 3 | 0,274 | 339,6 | 34,39 | | |
| 4. | 150 | 1 | 0,275 | 340,9 | 33,76 | 35,01 | 1,083 |
| | | 2 | 0,272 | 337,1 | 35,64 | | |
| | | 3 | 0,272 | 337,1 | 35,64 | | |
| 5. | 180 | 1 | 0,272 | 337,1 | 35,64 | 36,26 | 0,625 |
| | | 2 | 0,270 | 334,6 | 36,89 | | |
| | | 3 | 0,271 | 335,9 | 36,26 | | |

Keterangan:

A : Absorbansi larutan BSA Sisa Adsorpsi

C_e : Konsentrasi BSA sisa adsorpsi pada waktu kesetimbangan

q_e : Kemampuan adsorpsi BSA pada waktu kesetimbangan

4.4.4 Contoh Perhitungan Kemampuan Adsorpsi BSA pada Variasi pH

Absorbansi Protein BSA awal = 0,329

$$y = 0,0008x + 0,0023$$

$$0,329 = 0,0008x + 0,0023$$

$$0,329 - 0,0023 = 0,0008x$$

$$0,327 = 0,0008x$$

$$408,4 = x$$

$$C_0 = 408,4 \text{ mg / mL}$$

Konsentrasi BSA Sisa Adsorpsi

$$y = 0,0008x + 0,0023$$

$$0,231 = 0,0008x + 0,0023$$

$$0,231 - 0,0023 = 0,0008x$$

$$0,229 = 0,0008x$$

$$285,9 = x$$

$$C_t = 285,9 \text{ mg / L}$$

Penentuan Kemampuan Adsorpsi

$$qt = (C_0 - C_t) \times \frac{V}{m}$$

$$qt = (408,4 - 285,9) \times \frac{0,050L}{0,100g}$$

$$qt = 122,5 \text{ mg / L} \times 0,5L / g$$

$$qt = 61,25 \text{ mg / g}$$

a. Tabel Kemampuan Adsorpsi Bovine Serum Albumin (BSA) dengan Variasi pH pada Selulosa Bakteri

| No. | pH | Ulangan | A | C _e (mg/L) | q _e (mg/g) | Rata-rata q _e (mg/g) | SD |
|-----|----|---------|-------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|-------|
| 1. | 3 | 1 | 0,231 | 285,9 | 61,25 | 60,85 | 0,361 |
| | | 2 | 0,232 | 287,1 | 60,64 | | |
| | | 3 | 0,232 | 287,1 | 60,64 | | |
| 2. | 4 | 1 | 0,258 | 319,6 | 44,39 | 45,43 | 1,301 |
| | | 2 | 0,257 | 318,4 | 45,01 | | |
| | | 3 | 0,254 | 314,6 | 46,89 | | |
| 3. | 5 | 1 | 0,268 | 332,1 | 38,14 | 39,18 | 0,955 |
| | | 2 | 0,266 | 329,6 | 39,39 | | |
| | | 3 | 0,265 | 328,4 | 40,01 | | |
| 4. | 6 | 1 | 0,278 | 344,6 | 31,89 | 32,72 | 0,955 |
| | | 2 | 0,277 | 343,4 | 32,51 | | |
| | | 3 | 0,275 | 340,9 | 33,76 | | |

b. Tabel Kemampuan Adsorpsi Bovine Serum Albumin (BSA) dengan Variasi pH pada Selulosa Bakteri Termodifikasi

| No | pH | Ulangan | A | C _e (mg/L) | q _e (mg/g) | Rata-rata q _e (mg/g) | SD |
|----|----|---------|-------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|-------|
| 1. | 3 | 1 | 0,207 | 255,875 | 76,26 | 76,47 | 0,955 |
| | | 2 | 0,205 | 253,375 | 77,51 | | |
| | | 3 | 0,208 | 257,125 | 75,64 | | |
| 2. | 4 | 1 | 0,224 | 277,125 | 65,64 | 64,80 | 0,955 |
| | | 2 | 0,225 | 278,375 | 65,01 | | |
| | | 3 | 0,227 | 280,875 | 63,76 | | |
| 3. | 5 | 1 | 0,236 | 292,125 | 58,14 | 56,68 | 1,301 |
| | | 2 | 0,240 | 297,125 | 55,64 | | |
| | | 3 | 0,239 | 295,875 | 56,26 | | |
| 4. | 6 | 1 | 0,260 | 322,125 | 43,14 | 42,13 | 0,955 |
| | | 2 | 0,263 | 325,875 | 41,26 | | |
| | | 3 | 0,262 | 324,625 | 41,89 | | |

Keterangan:

A : Absorbansi larutan BSA sisa adsorpsi

C_e : Konsentrasi BSA sisa adsorpsi pada kesetimbangan

q_e : Kemampuan adsorpsi BSA pada kesetimbangan