



**PENENTUAN KAPASITAS ADSORPSI SELULOSA
TERHADAP RHODAMIN B DALAM
SISTEM DINAMIS**

SKRIPSI

Oleh

**Resty Rukmi Kharismaningrum
NIM 111810301016**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



**PENENTUAN KAPASITAS ADSORPSI SELULOSA
TERHADAP RHODAMIN B DALAM
SISTEM DINAMIS**

SKRIPSI

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

Oleh

Resty Rukmi Kharismaningrum

NIM 111810301016

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2016

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayahanda Didik Rukmiatmoadi tercinta, terima kasih untuk doa, motivasi, kasih sayang yang telah diberikan;
2. Ibunda Huru Ristyaningsih Amd.Kep, tercinta, terima kasih untuk doa, motivasi, kesabaran serta cinta kasih sayang yang tiada henti tuncurahkan;
3. Kakak tercinta Ike Risty Rukmi Sukmasari, S.Sos dan adik Wahyu Ramadhan serta keluarga besar yang senantiasa memberikan cinta kasih, dorongan semangat dan doa;
4. Sahabat satu tim Agus Wahyudi terima kasih atas kerjasama, *sharing*, dorongan, semangat dan perhatian yang diberikan selama ini;
5. Teman-teman seperjuangan Maulidfia R, Rose M, Aisyah, Sari, Putri Z, Nehemia, Faiz, Karina, Bagus, Dora dan Dodon terima kasih atas kerjasama dan bantuannya;
6. Teman-teman angkatan 2011 (*Solvent*), terima kasih atas semangat, bantuan, saran, dan kenangan yang telah diberikan;
7. Keluarga besar Kos Brantas 2 no. 29B Vio, Emak, Widya, dan Ika, terimakasih atas semangat, dukungan dan kebersamaan dikala suka dan duka;

MOTO

“Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu selesai (dari suatu urusan) kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain”
(Terjemahan surat Al-Insyiroh ayat 6-7)*

“Jika kau tidak bisa membuatnya dengan baik, setidaknya buatlah itu terlihat baik”
(Bill Gates) **



*) Departemen Agama Proyek Pengadaan Kitab Suci Al Qur'an. 1975. Al Qur'an dan Terjemahannya. Jakarta: PT. Bumi Restu.

**) Decaprio, R. 2012. Kisah Inspiratif Proses Belajar Ilmuan-Ilmuan Dunia. Jogjakarta: DIVA Press.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Resty Rukmi Kharismaningrum

NIM : 111810301016

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Penentuan Kapasitas Adsorpsi Selulosa Terhadap Rhodamin B dalam Sistem Dinamis” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan 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 ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 14 November 2016

Yang menyatakan,



Resty Rukmi Kharismaningrum

NIM. 111810301016

SKRIPSI

**PENENTUAN KAPASITAS ADSORPSI SELULOSA TERHADAP
RHODAMIN B DALAM SISTEM DINAMIS**

Oleh

Resty Rukmi Kharismaningrum

NIM 111810301016

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Asnawati, S.Si, M.Si

Dosen Pembimbing Anggota : Novita Andarini, S.Si, M.Si

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Penentuan Kapasitas Adsorpsi Selulosa Terhadap Rhodamin B dalam Sistem Dinamis” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada :

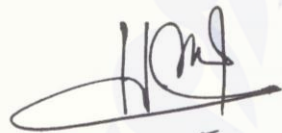
Hari : SELASA

tanggal : 15 NOV 2016

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Tim Penguji;

Ketua (DPU),



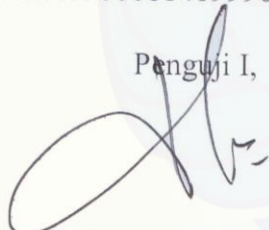
Asnawati, S.Si, M.Si
NIP.196808141999032001

Sekretaris (DPA),



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

Penguji I,



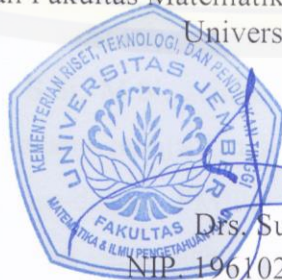
Yeni Maulidah Muflihah, S.Si., M.Si
NIP. 198008302006042002

Penguji II,



Dr. Bambang Piharto, S.Si., M.Si
NIP. 197106031997021001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember



Drs. Sujito, Ph.D
NIP. 196102041987111001

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penentuan Kapasitas Adsorpsi Selulosa Terhadap Rhodamin B Dalam Sistem Dinamis”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

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

1. Drs. Sujito, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Dr. Bambang Piluharto, S.Si, M.Si, selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Yeni Maulidah Muflihah S.Si, M.Si, selaku ketua Laboratorium Kimia Analitik dan Dr. Donatus Setyawan Purwo Handoko S.Si, M.Si, selaku ketua Laboratorium Kimia Fisik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember
4. Asnawati, S.Si, M.Si, selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
5. Novita Andarini, S.Si, M.Si selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
6. Yeni Maulidah Muflihah, S.Si, M.Si, selaku Dosen Penguji I dan Dr. Bambang Piluharto, S.Si, M.Si, selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktunya guna menguji, serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
7. Tri Mulyono, S.Si, M.Si, selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama menjadi mahasiswa;
8. bapak/ibu dosen-dosen FMIPA terutama dosen-dosen Jurusan Kimia Universitas Jember yang telah memberikan ilmu pengetahuan;

9. guru-guru di TK Darma Wanita, SDN 5 Lawang, SMPN 1 Singosari, serta SMAN 1 Lawang yang telah memberikan ilmu, mendidik, dan membimbing dengan penuh kesabaran;
10. almamater tercinta Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
11. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 14 November 2016

Penulis

RINGKASAN

Penentuan Kapasitas Adsorpsi Selulosa Terhadap Rhodamin B Dalam Sistem Dinamis; Resty Rukmi Kharismaningrum, 111810301016; 45 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Rhodamin B merupakan zat warna sintetis berbentuk serbuk kristal, tidak berbau, berwarna merah keunguan dan dalam bentuk larutan berwarna merah terang dan berfluoresensi. Senyawa Rhodamin B merupakan salah satu zat warna yang banyak digunakan dalam industri tekstil. Penanganan limbah Rhodamin B dapat dilakukan dengan menggunakan teknik adsorpsi. Salah satu zat yang dapat digunakan untuk adsorpsi Rhodamin B adalah selulosa. Selulosa merupakan senyawa polimer dengan monomer 1,4 yang mempunyai karakter hidrofilik serta mempunyai gugus alkohol primer dan sekunder yang keduanya mampu mengadakan reaksi dengan zat warna reaktif. Proses adsorpsi Rhodamin B menggunakan kolom gelas dengan diameter 0,8 cm dan menggunakan laju alir 0,08 mL/menit. Teknik adsorpsi Rhodamin B dapat dilakukan dengan metode dinamis. Metode dinamis memiliki keuntungan salah satunya ialah dapat digunakan pada industri skala besar sehingga lebih efektif jika diaplikasikan pada proses industri. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kapasitas adsorpsi selulosa terhadap Rhodamin B dengan variasi massa adsorben dan variasi pH larutan influen. Penentuan kapasitas adsorpsi dilakukan dengan cara mengalirkan terus menerus larutan influen kedalam kolom yang berisi adsorben selulosa. Metode yang digunakan dalam penelitian menggunakan prinsip *down flow fixed bed column*, dimana *down flow* merupakan model aliran dari arah atas ke bagian bawah kolom. Larutan influen dan adsorben selulosa akan berinteraksi hidrogen dimana gugus yang lebih positif pada Rhodamin B akan mengadakan interaksi dengan gugus yang lebih negatif (gugus OH) pada selulosa. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa optimasi variasi massa adsorben dengan kapasitas adsorpsi

tertinggi adalah massa 0,3 g dengan kapasitas adsorpsi 5,94 mg/g. Optimasi variasi pH larutan influen dengan kapasitas adsorpsi tertinggi diperoleh saat pH 7 dengan kapasitas adsorpsi 6,13 mg/g. Keadaan influen atau analit yang terikat di dalam kolom digambarkan melalui kurva *breakthrough*. Kurva *breakthrough* menggambarkan keadaan *break point* yaitu keadaan analit yang terikat pada adsorben sebesar 5% hingga analit yang terikat pada adsorben mendekati jenuh sebesar 95% atau disebut titik *exhaustion point*. Berdasarkan gambaran grafik kurva tersebut didapatkan bahwa kurva *breakthrough* yang ideal pada massa adsorben 0,3 g dan pH larutan influen 7. Hasil pengukuran kapasitas adsorpsi menggunakan persamaan Thomas menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi untuk massa adsorben 0,3 g dan pH influen 7 sebesar 5,72 mg/g adsorben. Penelitian ini perlu dilakukan penyempurnaan dengan menambah variasi diameter kolom kerja dan mengkombinasikan adsorben selulosa dengan adsorben lain agar memperoleh kapasitas adsorpsi yang lebih baik.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Lignoselulosa	5
2.1.1 Serat Selulosa Sebagai Adsorben	5
2.1.2 Hemiselulosa	8
2.1.3 Lignin	9
2.2 Rhodamin B.	10
2.3 Adsorpsi	11
2.3.1 Parameter Adsorpsi.....	13
2.3.2 Mekanisme Adsorpsi	15
2.3.3 Studi <i>Fixed Bed Column</i>	15
2.4 Spektrofotometer UV-Vis	18
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	21
3.2 Alat Penelitian dan Bahan Penelitian.....	21
3.2.1 Alat	21

3.2.2 Bahan	21
3.3 Rancangan Penelitian.....	22
3.3.1 Diagram Alir Penelitian	22
3.3.2 Desain Kolom Kerja.....	23
3.4 Preparasi Bahan	23
3.4.1 Larutan Stok Rhodamin B 100 ppm	23
3.4.2 Larutan Standar Rhodamin B.....	24
3.4.3 Pembuatan Larutan Asam Oksalat 0,1 M	24
3.4.4 Pembuatan Larutan NaOH 0,1 M	24
3.4.5 Pembuatan Larutan CH ₃ COOH 0,1 M.....	24
3.4.6 Larutan KH ₂ PO ₄ 0,1 M.....	25
3.4.7 Larutan CH ₃ COONa 0,1 M.....	25
3.4.8 Larutan Buffer pH 4 Sampai 8.....	25
3.4.9 Larutan Sampel Rhodamin B 10 ppm.....	26
3.5 Pembuatan Kolom	26
3.6 Pembuatan Kurva Kalibrasi	26
3.7 Optimasi Parameter Adsorpsi	26
3.7.1 Penentuan Massa Adsorben	26
3.7.2 Penentuan pH Larutan Influen	27
3.8 Pengukuran Kapasitas Adsorpsi dari Adsorben.....	27
3.9 Penentuan kapasitas Adsorpsi dari Adsorben.....	27
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Proses Preparasi Rhodamin B dan Adsorben Selulosa	29
4.2 Penentuan Massa Adsorben	31
4.3 Penentuan pH Influen Rhodamin B	34
4.4 Penentuan Kapasitas Adsorpsi Selulosa	39
BAB 5. PENUTUP.....	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41

DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN.....	46



DAFTAR TABEL

Tabel B.1	Data Kalibrasi Larutan Standar Rhodamin B untuk Proses Adsorpsi dengan Variasi Massa Adsorben.....	53
Tabel C.1	Data penentuan kapasitas adsorpsi dengan variasi massa 0,1 gram	54
Tabel C.2	Data penentuan kapasitas adsorpsi dengan variasi massa 0,2 gram	58
Tabel C.3	Data penentuan kapasitas adsorpsi dengan variasi massa 0,3 gram	61
Tabel D.1	Data Kalibrasi Larutan Standar Rhodamin B untuk Proses Adsorpsi dengan Variasi pH larutan influen	65
Tabel E.1	Data penentuan kapasitas adsorpsi dengan variasi pH 5	66
Tabel E.2	Data penentuan kapasitas adsorpsi dengan variasi pH 6	70
Tabel E.3	Data penentuan kapasitas adsorpsi dengan variasi pH 7	74
Tabel F.1	Data Kalibrasi Larutan Standar Rhodamin B untuk Proses penentuan kapasitas optimum adsorben	78
Tabel G.1	Data penentuan kapasitas adsorpsi adsorben lignin	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Lignin, Hemiselulosa Dan Selulosa Pada Tumbuhan.....	5
Gambar 2.2	Struktur selulosa	6
Gambar 2.3	Struktur Hemiselulosa.....	8
Gambar 2.4	Struktur Lignin.....	9
Gambar 2.5	Struktur Rhodamin B	10
Gambar 2.6	Reaksi Zat Warna Dengan Selulosa.....	15
Gambar 2.7	Ilustrasi pergerakan zona adsorpsi pada <i>fixed bed column</i> dan kurva <i>breakthrough</i> yang dihasilkan.....	17
Gambar 3.1	Skema set alat eksperimen.....	23
Gambar 4.1	(a) Molekul air terjebak di pori-pori selulosa; (b) Molekul air menguap akibat proses pengeringan.....	30
Gambar 4.2	Grafik hubungan antara volume efluen dengan nilai konsentrasi efluen Rhodamin B pada optimasi massa dengan pH 7	31
Gambar 4.3	Kurva <i>Breakthrough</i> pada optimasi massa adsorben dengan influen pH 7	32
Gambar 4.4	Grafik pengukuran kapasitas adsorpsi dengan menggunakan persamaan Thomas pada optimasi massa adsorben dengan influen pH 7	33
Gambar 4.5	Grafik hubungan massa adsorben dengan kapasitas adsorpsi pada optimasi massa dengan pH influen 7.....	34
Gambar 4.6	Grafik hubungan antara volume efluen dengan nilai konsentrasi efluen pada optimasi pH.....	35
Gambar 4.7	Kurva <i>Breakthrough</i> pada optimasi pH influen.....	36
Gambar 4.8	Grafik pengukuran kapasitas adsorpsi melalui persamaan Thomas..	36
Gambar 4.9	Grafik hubungan pH influen dengan kapasitas adsorpsi dengan massa adsorben 0,3 g.....	37
Gambar 4.10	Gambar 4.10 Interaksi H^+ dengan gugus OH^- pada selulosa.	38
Gambar 4.11	Interaksi Rhodamin B dengan selulosa.....	39
Gambar 4.12	Grafik hubungan volume efluen dengan nilai pembagian konsentrasi efluen dan konsentrasi influen saat optimum.	39

Gambar 4.13 Grafik pengukuran kapasitas adsorpsi dengan menggunakan persamaan Thomas..... 40



DAFTAR LAMPIRAN

A.	Pembuatan Larutan	46
B.	Data dan Kurva Kalibrasi Larutan Standar Rhodamin B untuk Proses Adsorpsi dengan Variasi Massa Adsorben.....	53
C.	Data Proses Penentuan Kapasitas Adsorpsi Lignin dengan Variasi Massa Adsorben	54
D.	Data dan Kurva Kalibrasi Larutan Standar Rhodamin B untuk Proses Adsorpsi dengan Variasi pH Influen	65
E.	Data Proses Penentuan Kapasitas Adsorpsi Lignin dengan Variasi pH Larutan Influen	66
F.	Data dan Kurva Kalibrasi Larutan Standart Rhodamin B untuk Proses Penentuan Kapasitas Optimum Adsorben Lignin	78
G.	Data Proses Penentuan Kapasitas Adsorpsi Adsorben Selulosa.....	79

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri tekstil yang banyak didirikan memberikan dampak positif dan negatif terhadap masyarakat dan lingkungan. Dampak positif industri tekstil diantaranya: kemajuan sektor ekonomi dan peningkatan taraf hidup masyarakat. Dampak negatif industri tekstil adalah limbah. Salah satu bahan berbahaya yang terdapat dalam limbah cair industri tekstil yaitu zat warna (Cahyadi, 2006).

Industri tekstil menggunakan 2 jenis zat warna, yaitu pewarna alami dan pewarna sintetis. Pewarna sintetis bersifat *non-degradable*, beracun, dan stabil (Gupta dkk, 2004). Zat warna sintetis umumnya dibuat dari senyawa azo dan turunannya dari gugus benzen. Gugus benzen sangat sulit didegradasi dan membutuhkan waktu degradasi yang lama (Munawaroh, 2012). Salah satu zat warna sintetis yang banyak digunakan dalam industri tekstil adalah Rhodamin B. Rhodamin B merupakan zat warna sintetis berbentuk serbuk kristal, tidak berbau, berwarna merah keunguan dan dalam bentuk larutan berwarna merah terang berpendar (berfluoresensi) (Mamoto, 2013). Limbah zat warna sintetis yang dibuang ke sungai akan mengganggu aktivitas biologi yang ada (Namasivayam dkk, 1998).

Herlina (2014) menyatakan terdapat berbagai macam metode untuk mengolah pewarna sintetis yaitu proses filtrasi, flokulasi, penghilang warna (*decoloring*), dan adsorpsi. Metode yang paling banyak digunakan untuk pengolahan limbah zat warna adalah adsorpsi (Widjanarko dkk, 2006). Adsorben alami yang dapat digunakan antara lain: tongkol jagung (Munawaroh, 2014), kulit ari gandum (Suwarsa, 1998), dan serat daun nanas (Hastuti dkk, 2012). Penelitian Suwarsa (1998) mengenai adsorpsi BR.Red HE 7B oleh jerami padi menghasilkan kemampuan adsorpsi sebesar 9,8 mg/g pada suhu 27°C dengan konsentrasi awal 100 ppm. Hastuti, dkk (2012) dalam penelitian adsorpsi menggunakan serat daun

nanas aktif menjelaskan bahwa daya serap yang diperoleh untuk adsorpsi Procion Red MX 8B sebesar 6,380 mg/g. Penelitian adsorpsi Rhodamin B dan Congo red menggunakan ampas tebu dan serabut kelapa yang dilakukan oleh Widjanarko, dkk (2006) menjelaskan bahwa zat warna lebih banyak teradsorbi menggunakan ampas tebu karena ampas tebu lebih banyak mengandung selulosa. Berdasarkan hasil tersebut, perlu dilakukan penelitian secara spesifik untuk mengetahui kemampuan setiap senyawa aktif dalam mengadsorpsi zat warna. Senyawa aktif pada bahan alami yang berperan dalam proses adsorpsi yaitu selulosa, lignin, dan hemiselulosa.

Selulosa merupakan salah satu senyawa aktif yang terdapat pada bahan alam dengan kandungan yang lebih banyak dibandingkan lignin dan hemiselulosa. Menurut Hidayat (2008), selulosa merupakan senyawa yang mempunyai karakter hidrofilik serta mempunyai gugus alkohol primer dan sekunder yang keduanya mampu mengadakan reaksi dengan zat warna reaktif. Zat warna reaktif dapat mewarnai serat selulosa dalam kondisi tertentu dan membentuk senyawa dengan ikatan kovalen atau ikatan hidrogen dengan selulosa (Peters, 1975). Selulosa banyak terdapat pada bahan alami terutama tumbuhan sehingga adsorben selulosa sangat potensial untuk menyerap zat warna. Selulosa memiliki struktur polimer rantai panjang yang berpori. Menurut Wågberg (2001), kebanyakan polimer kationik (*cellulosic fiber*) baik untuk adsorpsi namun perlu adanya pemilihan polimer serat, *fines*, dan *illers* untuk mendapatkan efisiensi adsorpsi yang baik.

Kurniawan (2010) menyatakan bahwa terdapat beberapa parameter khusus yang mempengaruhi proses adsorpsi dari senyawa organik, tergantung dari beberapa karakteristik senyawa organik tersebut, diantaranya: massa adsorben, struktur molekul, dan pH larutan efluen. Menurut Meneghetti *et al.* (2010), dalam sistem dinamis, kapasitas adsorpsi juga dipengaruhi oleh laju alir larutan influen.

Optimasi parameter adsorpsi tersebut dapat diketahui dengan beberapa metode. Metode adsorpsi yang sering digunakan adalah metode *batch* dan dinamis (Hadiwidodo, 2008). Sistem *batch* tidak menggunakan aliran adsorbat sedangkan sistem dinamis menggunakan aliran adsorbat. Sistem dinamis memiliki kelebihan yaitu memungkinkan proses pengolahan limbah skala besar, sehingga lebih

mudah dan efektif jika diaplikasikan pada proses industri dengan diintegrasikan pada sistem alir (Meneghetti *et al.*, 2010).

Penelitian ini dilakukan untuk mengoptimasi senyawa aktif selulosa jenis serat sebagai adsorben zat warna sintesis Rhodamin B dengan metode dinamis. Nilai optimasi pada selulosa yang optimum diharapkan mampu meningkatkan kapasitas adsorpsi zat warna Rhodamin B dalam sistem dinamis.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian adsorpsi Rhodamin B dengan menggunakan selulosa adalah :

- Berapa massa adsorben selulosa yang baik agar dapat mengurangi kadar Rhodamin B dengan optimum?
- Berapa pH larutan influen yang baik agar serat selulosa dapat mengurangi kadar Rhodamin B dengan optimum?
- Berapa kapasitas adsorpsi selulosa dalam menyerap Rhodamin B?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi beberapa variabel, antara lain :

- Ukuran diameter *fixed bed coloumn* sebesar 0,8 cm,
- Selulosa yang digunakan merupakan selulosa Sigma-Aldrich ($0,600 \text{ g/cm}^3$).

1.4 Tujuan

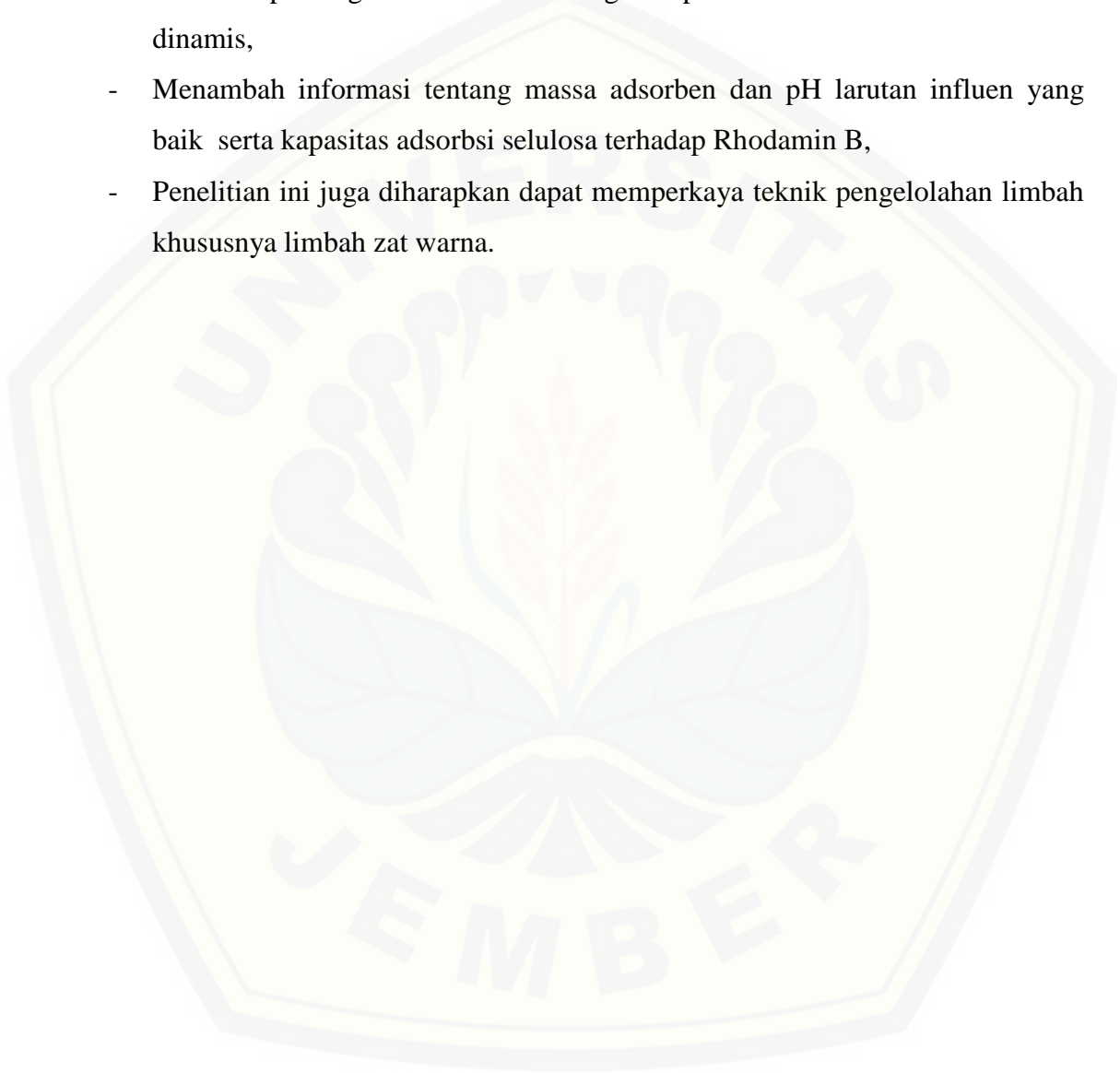
Tujuan pada penelitian ini adalah :

- Mengetahui massa optimum yang diperlukan serat selulosa murni agar dapat mengurangi kadar Rhodamin B,
- Mengetahui pH optimum yang diperlukan agar serat selulosa dapat mengurangi kadar Rhodamin B,
- Mengetahui kapasitas adsorpsi optimum selulosa dalam menyerap Rhodamin B.

1.5 Manfaat

Manfaat yang didapat dalam penelitian adsorpsi Rhodamin B dengan menggunakan selulosa jenis serat yaitu :

- Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi bahwa serat selulosa murni dapat digunakan untuk mengadsorpsi Rhodamin B dalam sistem dinamis,
- Menambah informasi tentang massa adsorben dan pH larutan influen yang baik serta kapasitas adsorpsi selulosa terhadap Rhodamin B,
- Penelitian ini juga diharapkan dapat memperkaya teknik pengolahan limbah khususnya limbah zat warna.

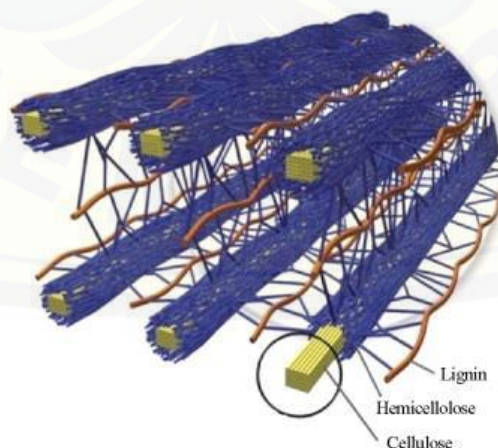


BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lignoselulosa

Lignoselulosa merupakan komponen utama dari biomaterial. Lignoselulosa di alam didapatkan dari kayu, rumput, limbah pertanian maupun perkebunan, serta limbah padat perkotaan. Komponen utama lignoselulosa yaitu selulosa (30-50% berat), hemiselulosa (13-35% berat), dan lignin (13-30% berat). Ketiga polimer ini terikat secara kimia melalui ikatan kovalen yang terikat silang dan berinteraksi melalui ikatan hidrogen. Selulosa dan hemiselulosa merupakan makromolekul berupa polisakarida dengan monomer gula yang berbeda, sedangkan lignin merupakan polimer aromatik yang disintesis dari prekursor fenilpropanoid. Komposisi dan presentase dari ketiga polimer ini sangat bervariasi bergantung dari spesies tanaman, umur, tahap pertumbuhan, iklim, dan cuaca pada habitat tumbuh, dan lain-lain (Pérez *et al.*, 2002).

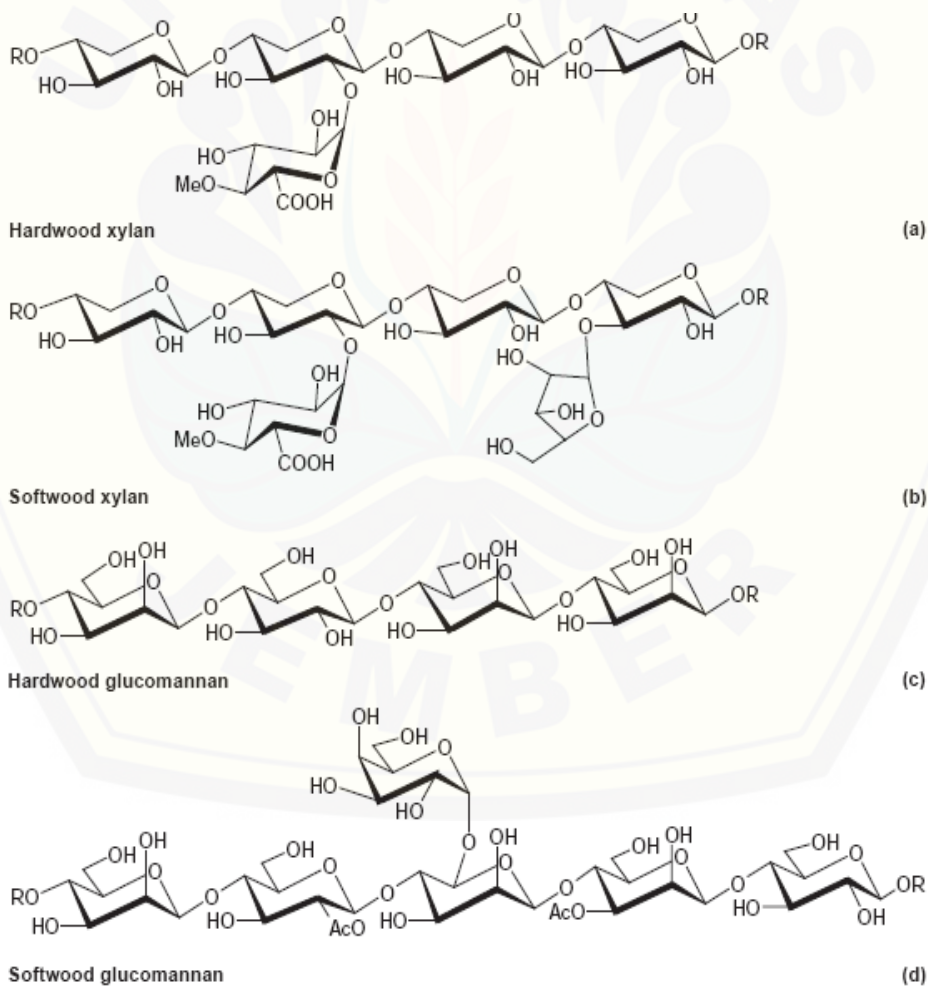
Molekul-molekul polimer selulosa pada posisi paralel terikat silang oleh molekul hemiselulosa dan lignin untuk membentuk fibril kayu, yang berperan terhadap kekuatan mekanik dan stabilitas kayu (Sandström *et al.*, 2003).



Gambar 2.1 Lignin, hemiselulosa, dan selulosa pada tumbuhan (Sumber: Pérez, 2002).

2.1.1 Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan polisakarida dengan berat molekul yang lebih kecil daripada selulosa. Hemiselulosa terdiri dari D-xylosa, D-manosa, D-galaktosa, D-glukosa, L-arabinosa, 4-O-metil-glukuronik, D-galaturonik, dan asam D-glukuronik. Molekul gula yang terdapat pada hemiselulosa terhubung oleh ikatan β -1,4-glikosida dan terkadang terhubung oleh ikatan β -1,3-glikosida. Komponen utama hemiselulosa pada *hardwood* adalah glukuronoxylan, sedangkan komponen utama hemiselulosa pada *softwood* adalah glukomanan. Perbedaan utama antara selulosa dengan hemiselulosa adalah hemiselulosa memiliki cabang yang terdiri dari komponen gula yang berbeda dari rantai utama (Pérez *et al.*, 2002).



Gambar 2.2 Struktur Hemiselulosa (Sumber: Sixta, 2006).

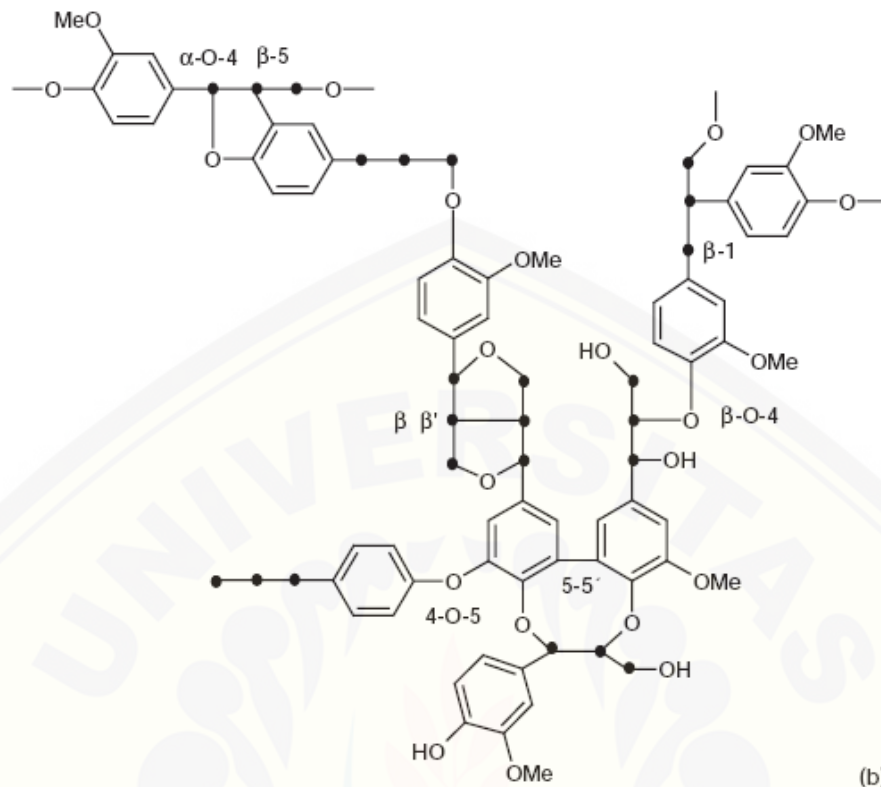
2.1.2 Lignin

Lignin merupakan polimer yang memiliki kelimpahan paling besar di alam setelah selulosa. Lignin terdapat pada dinding sel, berkontribusi terhadap struktur tanaman, impermeabilitas, resistensi terhadap serangan mikroba serta tekanan oksidatif. Struktur lignin menyebabkan lignin bersifat heteropolimer amorf dan tidak larut air. Lignin tersusun dari unit-unit fenilpropanoid yang terikat bersama melalui jenis ikatan yang berbeda-beda (Pérez *et al.*, 2002).

Menurut Sastrohamidjojo (1995), lignin merupakan polimer dari unit-unit fenilpropana. Lignin dapat dibagi menjadi beberapa kelas menurut unsur-unsur strukturnya, jenis lignin antara lain:

- a. Lignin Guaiasil yaitu lignin yang terdapat dalam hampir semua kayu lunak, sebagian besar merupakan produk polimerisasi dari koniferil alkohol.
- b. Lignin Guaiasil-sirigil yaitu lignin yang terdapat pada kayu keras yang merupakan kopolimer dari koniferil dan sinapil alkohol.
- c. Lignin sirigil dan p-hidroksifenil merupakan lignin yang tidak alami.

Polimer lignin disintesis melalui pembentukan radikal bebas yang terbentuk dari dehidrogenasi tiga fenil propana alkohol yang diinisiasi oleh peroksida. Tiga fenil propana tersebut adalah koniferil alkohol (guaiasil propanol), kumaril alkohol (*p*-hidroksifenil propanol), dan sinapil alkohol (siringil propanol). Proses polimerisasi ini menghasilkan struktur heterogen yang terhubung oleh ikatan C-C dan ikatan aril-eter. Struktur yang dominan terbentuk yaitu aril-gliserol β -aril eter (Pérez *et al.*, 2002).



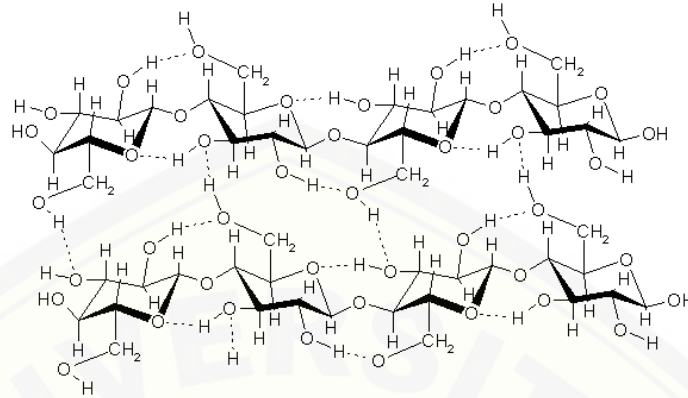
Gambar 2.3 Struktur Lignin (Sixta, 2006).

2.1.3 Serat Selulosa Sebagai Adsorben

Pengolahan limbah zat warna dengan metode adsorpsi menggunakan adsorben dari bahan tumbuhan telah banyak dilakukan. Adsorben yang telah digunakan diantaranya : bubur bambu, pohon palem, jantung pisang (Izadyar dan Rahimi, 2007), bead selulosa (Morales *et al.*, 2004), alang-alang, eceng gondok (Aryunani, 2003), tempurung kelapa, sekam padi, kayu lunak, tongkol jagung, bagasse (Moura, 2004), jerami padi (Suwarsa 1998), dan batang jagung (Rochanah, 2004). Berdasarkan adsorben tersebut diketahui bahwa kandungan aktif yang berfungsi menyerap zat warna adalah senyawa selulosa, lignin, dan hemiselulosa.

Selulosa merupakan polimer linier yang terbentuk dari monomer-monomer D-glukosa yang terhubung melalui ikatan β -1,4-glikosida. Rantai panjang yang terbentuk berinteraksi melalui ikatan hidrogen dan gaya van der Waals. Rumus

kimia selulosa adalah $(C_6H_{10}O_5)_n$. Variabel n merupakan jumlah unit pengulangan glukosa, disebut sebagai derajat polimerisasi (DP) (Pérez *et al.*, 2002).



Gambar 2.4 Struktur selulosa (Sumber: Pérez *et al.*, 2002).

Molekul-molekul selulosa seluruhnya membentuk polimer linear dan mempunyai kecenderungan kuat membentuk ikatan ikatan hidrogen intramolekul dan intermolekul. Ikatan hidrogen intramolekul terbentuk antara gugus-gugus OH dari unit-unit glukosa yang berdekatan dalam molekul selulosa yang sama. Ikatan hidrogen antarmolekul terbentuk dari gugus OH dari molekul selulosa yang berdampingan. Selulosa merupakan senyawa yang mempunyai karakter hidrofilik serta mempunyai gugus alkohol primer dan sekunder yang keduanya mampu mengadakan reaksi dengan zat warna reaktif (Hidayat, 2008). Kecepatan reaktif alkohol primer jauh lebih tinggi daripada alkohol sekunder. Mekanisme reaksi adsorpsi zat warna pada umumnya dapat digambarkan sebagai penyerapan unsur positif pada zat warna reaktif terhadap gugus hidroksil pada selulosa yang terionisasi. Zat warna memerlukan penambahan alkali yang berguna untuk mengatur suasana yang cocok agar dapat bereaksi, mendorong pembentukan ion selulosa dan menetralkan asam-asam hasil reaksi (Manurung dkk., 2004).

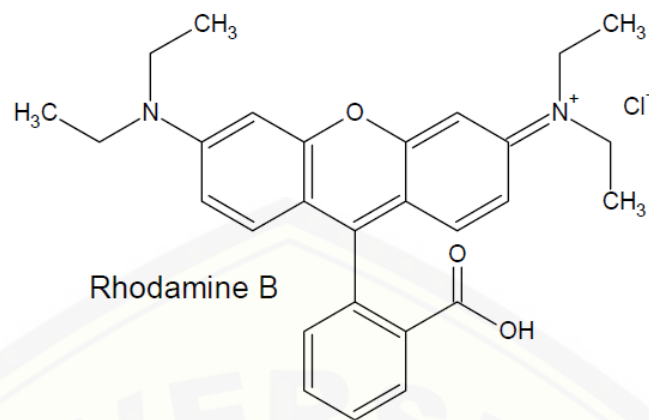
Selulosa alam ataupun turunannya dapat berinteraksi dengan permukaan gugus fungsi secara fisik atau kimia (Ibbet *et al.*, 2006). Senyawa ini memiliki situs aktif seperti, gugus hidroksil (OH) yang dapat dengan mudah membentuk serangkaian reaksi kimia dan melakukan pengikatan dengan senyawa kationik maupun anionik (Handayani, 2010). Menurut Lee (1992), selulosa terdiri atas

beberapa *microfibril* yang diikat oleh lamellae, dimana lamellae tersebut tersusun atas beberapa fibril. Molekul-molekul selulosa yang termasuk polimer linear dan bersifat hidrofilik berikatan satu sama lain membentuk *elementary fibril* (*photo fibril*) dengan lebar 40 Å, tebal 30 Å, dan panjang 100 Å. Polimer linear pada *elementary fibril* tersusun secara paralel dan diikat oleh ikatan hydrogen untuk membentuk struktur kristalin yang dikelilingi dengan struktur amorphous atau parakristalin. Struktur ini yang menyebabkan selulosa dapat mengadsorpsi zat warna.

Penggunaan selulosa sebagai adsorben zat warna belum banyak dilakukan. Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa serat selulosa digunakan sebagai adsorben untuk menyerap sejumlah senyawa organik pestisida (Liang *et al.*, 2005) dan pewarna organik (Namasivayam *et al.*, 1996). Adsorpsi surfaktan kationik pada selulosa dalam bentuk serat dapat meningkatkan kemampuan substrat untuk menyerap senyawa organik terlarut dari media air. Sifat adsorpsi selulosa murni sebagai adsorben tidak konstan dan bervariasi menurut asal selulosa dan *treatment* awal. Zat terlarut yang teradsorpsi diperkirakan berasal dari akumulasi panjang domain selulosa. Semakin panjang rantai hidrokarbon maka penyerapan zat terlarut lebih tinggi (Aloulou *et al.*, 2006).

2.2 Rhodamin B

Penelitian ini menggunakan zat warna Rhodamin B untuk mengetahui efektifitas adsorpsi zat warna menggunakan selulosa murni. Rumus empiris senyawa ini adalah $C_{28}H_{31}N_2O_3Cl$ (nama IUPAC Rhodamine B yaitu [9-(2-carboxyphenyl)-6-diethylamino-3-xanthenylidene]- diethylammonium chloride) dengan berat molekul 479,02 gram/mol. Rhodamine B merupakan senyawa yang larut dalam air dengan solubilitas ~50 g/L dan solubilitas dalam larutan asam asetat sebesar ~400 g/L. Rhodamin B sangat larut dalam air dan alkohol, serta sedikit larut dalam asam klorida dan natrium hidroksida. Molekul Rhodamin B memiliki temperatur leleh 210-211⁰C yang akan menyebabkan dekomposisi dan berujung ke rusaknya materi Rhodamine tersebut (Ariani, 2004).



Gambar 2.5 Struktur Kimia Rhodamin B (Sumber: Ariani, 2004).

Rhodamin B adalah zat warna sintetis berbentuk serbuk kristal berwarna merah keunguan dalam bentuk terlarut pada konsentrasi tinggi dan berwarna merah terang pada konsentrasi rendah. Rhodamin B termasuk pewarna golongan xanthene basa.. Rhodamin B sering digunakan sebagai zat pewarna untuk kertas, pewarna untuk tekstil, dan sebagai reagensia (Hastomo, 2008). Reagen Rhodamin B digunakan untuk *biological stain* logam-logam berat seperti kobal, niobium, emas, mangan, merkuri, molibdenum, tantalum, thallium, dan tungsten (Ariani, 2004).

Rhodamine B mempunyai efek akut dan kronis terhadap manusia. Efek akut paparan Rhodamin B menyebabkan kerusakan parah pada mata, kontak dengan kulit akan menyebabkan iritasi, dan bila masuk pembuluh darah melalui lesi, abrasi, atau luka akan menyebabkan kerusakan sistemik. Efek kronis akibat Rhodamin B tampak pada sifat-sifat karsinogenik dan genotoksin (Cahyadi, 2006).

2.3 Adsorpsi

Pengelolaan limbah zat warna cair dapat dilakukan dengan berbagai metode baik secara kimia, biologi, dan fisika. Pengelolaan zat warna dengan cara kimia umumnya menggunakan koagulan. Penghilangan warna secara kimia menggunakan koagulan akan menghasilkan lumpur (sludge) dalam jumlah yang relatif besar. Lumpur yang dihasilkan ini akhirnya akan menimbulkan masalah

baru bagi unit pengolahan limbah (Manurung, 2004). Degradasi zat warna secara biologis memerlukan kondisi tertentu yang sangat selektif agar proses degradasinya dapat berlangsung optimum dan memerlukan biaya yang cukup mahal. Pengolahan limbah secara fisika misalnya: sedimentasi, filtrasi, adsorpsi dan lain-lain (Amri dkk., 2004).

Proses adsorpsi memiliki keunggulan dibanding metode yang lain karena paling efektif, efisien dan ekonomis untuk menghilangkan zat warna dalam limbah cair industri tekstil, tetapi untuk mendapatkan adsorben yang bagus kualitasnya membutuhkan biaya mahal dan proses yang lama (Gupta *et al.*, 2005). Adsorpsi memiliki pengertian sebagai peristiwa penyerapan/pengayaan (enrichment) suatu komponen di daerah antar fasa (Kurniawan, 2010). Zat yang menyerap disebut adsorben sedangkan ion, atom atau molekul yang dijerap disebut adsorbat (Amri dkk., 2004).

Fenomena adsorpsi sendiri merupakan pengaruh dari gaya kohesi seperti ikatan valensi dan gaya tarik Van der Waals. Molekul-molekul tersebut saling mengikat kesemua arah sehingga dicapai suatu titik keseimbangan (equilibrium). Akan tetapi molekul lapisan terluar suatu zat padat mempunyai gaya tarik yang tidak diimbangi oleh molekul lainnya seperti zat cair dan gas sehingga permukaan zat padat dapat menangkap molekul fluida yang berdekatan. Fenomena ini dikenal dengan istilah adsorpsi pada permukaan adsorben (Kurniawan, 2010).

Terdapat dua jenis mekanisme penyerapan (adsorpsi) yang diketahui, yaitu Adsorpsi fisik (fisisorpsi) dan adsorpsi kimia (kemisorpsi) (Kamal, 2009). Kedua jenis mekanisme ini terjadi ketika molekul dalam fase cair melekat pada permukaan padat sebagai gaya tarik menarik pada permukaan zat padat (adsorben) untuk mengatasi *energy kinetic* molekul pencemar pada fase cair (adsorbat) (Kurniawan, 2010).

Proses fisisorpsi menyebabkan adsorben akan mengikat adsorbat melalui gaya Van der Waals. Molekul terikat sangat lemah dan energi yang dilepaskan pada adsorpsi fisik relatif rendah yaitu sekitar 20 kJ/mol (Castellan 1982). Adsorpsi fisisorpsi akan membentuk lapisan-lapisan. Jumlah lapisan sebanding dengan konsentrasi pencemar. Hal ini berarti dengan semakin tinggi konsentrasi pencemar

dalam larutan menyebabkan meningkatnya lapisan molekul. Proses adsorpsi fisik ini bersifat reversible dan reversibilitasnya tergantung pada kekuatan tarik menarik antara molekul adsorbat dengan molekul adsorben (Kurniawan, 2010).

Adsorpsi secara kimia terjadi jika senyawa kimia dihasilkan dari reaksi antar molekul adsorbat dan molekul adsorben. Proses ini membentuk lapisan molekul yang tebal dan bersifat irreversible (Kurniawan, 2010). Pada adsorpsi kimia partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen) dan cenderung mencari tempat untuk memaksimalkan bilangan koordinasi dengan substrat (Kamal, 2009). Untuk membentuk senyawa kimia diperlukan energi dan energi juga diperlukan untuk membalikan proses ini, sehingga proses adsorpsi kimia ini bersifat *irreversible* (Kurniawan, 2010).

2.3.1 Parameter Adsorpsi

Menurut Cooney (1998), terdapat banyak faktor yang mempengaruhi adsorpsi secara fisik, yaitu:

- Suhu

Umumnya, naiknya suhu menyebabkan berkurangnya kemampuan adsorpsi karena molekul adsorban mempunyai energi getaran lebih besar. Semua aplikasi dari adsorpsi ini berada dibawah kondisi isoterm yaitu biasanya pada suhu ambien. Perlu diwaspadai bahwa kemampuan adsorpsi akan berkurang pada suhu yang tinggi.

- Sifat pelarut

Pelarut mempunyai pengaruh penting karena akan berkompetisi dengan adsorben dalam interaksinya terhadap solute. Adsorpsi dari solute organik akan lebih rendah dari pada adsorpsi pada zat cair lain.

- Area permukaan adsorben

Jumlah substansi yang adsorben dapat serap, secara langsung terjadi pada area permukaan internal. Proses adsorpsi pada molekul besar, kemungkinannya tidak dapat terjadi penyerapan di permukaan internal.

- Struktur pori dari adsorben

Struktur pori merupakan bagian penting dikarenakan diameter pori yang mempunyai *range* 10 sampai 100.000 Å dengan ukuran molekul yang seragam.

- Sifat dari *solute*

Solute yang tidak dipisahkan dengan kuat seperti iodine dan merkuri klorida sangat bagus diadsorpsi. *Solute* berpengaruh pada sifat netral atau terion.

- Pengenceran pH

Pengaruh pada pengenceran pH sangat penting ketika adsorpsi untuk zat yang dapat terion. Proses adsorpsi akan rendah pada bentuk terion. Umumnya tingkat adsorpsi akan meningkat apabila pH diturunkan.

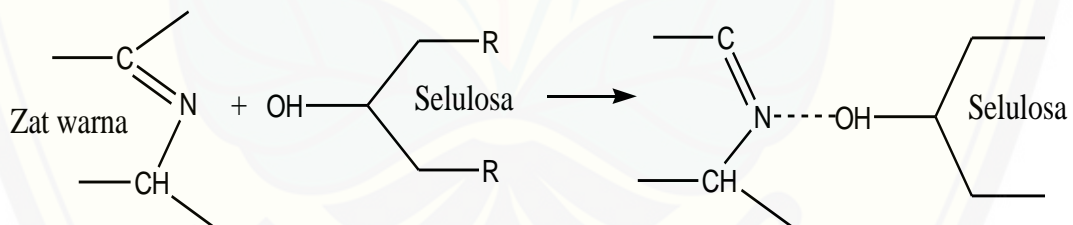
Prinsipnya proses adsorpsi terdiri dari tiga langkah penting: harus terjadi kontak antara fluida dengan adsorben, pada keadaan demikian adsorbat akan diadsorpsi, fluida yang tidak teradsorpsi harus dipisahkan dari adsorbat-adsorben, dan adsorben harus dapat diregenerasi (diaktifkan kembali). Keseimbangan adsorpsi terjadi pada saat adsorbat yang terkandung dalam larutan telah bercampur dengan adsorben, molekul–molekul adsorbat berpindah dari larutannya ke permukaan adsorbent hingga konsentrasi adsorbat dalam larutan adalah sebanding dengan konsentrasi adsorbat pada permukaan *solid adsorbent*. (Donald. W and Herbent. E. K, 1979).

Selektivitas adsorpsi yang tinggi pada proses adsorpsi sangat sesuai untuk memisahkan bahan dengan konsentrasi yang kecil dari campuran yang mengandung bahan lain yang berkonsentrasi tinggi. (Handojo, 1995). Faktor yang mempengaruhi adsorpsi yaitu jenis adsorben, dimana pemilihan adsorben pada proses adsorpsi sangat mempengaruhi daya serap adsorben. Beberapa syarat yang harus dipenuhi oleh adsorben adalah berpori, aktif dan murni, tidak bereaksi dengan adsorbat serta mempunyai permukaan yang luas (Yenti dan Zultiniar, 2010). Kecepatan adsorpsi tidak hanya tergantung pada perbedaan konsentrasi dan pada luas permukaan adsorben, melainkan juga pada suhu, tekanan (untuk gas), ukuran partikel dan porositas adsorben. Kecepatan adsorpsi juga tergantung pada ukuran molekul bahan yang akan diadsorpsi dan pada viskositas campuran yang akan dipisahkan (cairan, gas) (Handojo, 1995).

Menurut Suzuki (1990), adsorben yang digunakan secara komersial dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu kelompok polar dan non polar adsorben polar disebut juga *hydrophilic*. Jenis adsorben yang termasuk ke dalam kelompok ini adalah silika gel, alumina aktif dan zeolit. Sedangkan adsorben non-polar disebut juga *hydrophobic*. Jenis adsorben yang termasuk ke dalam kelompok ini adalah polimer adsorben dan karbon aktif. Karakteristik yang harus dimiliki oleh adsorben untuk dapat menjadi adsorben komersial adalah memiliki luas permukaan yang besar per unit massa sehingga kapasitas adsorpsinya tinggi, ketahanan struktur fisiknya tinggi, mudah diperoleh, harga tidak mahal, tidak korosif, tidak beracun, tidak terjadi perubahan volume yang berarti selama proses adsorpsi dan desorpsi, mudah dan ekonomis untuk diregenerasi dan secara ilmiah dapat berinteraksi dengan adsorbat (Mulyati, 2006).

2.3.2 Mekanisme Adsorpsi

Zat warna tekstil mengandung gugus-gugus yang dapat bereaksi dengan gugus OH dari selulosa. Mekanisme adsorpsi zat warna tekstil oleh selulosa dapat dimungkinkan sebagai berikut:



Gambar 2.6 Reaksi zat warna dengan selulosa (Sumber: Windasari, 2009).

Adsorben (untuk adsorpsi fisik) adalah bahan padat dengan luas permukaan dalam yang sangat besar. Permukaan yang luas ini terbentuk karena banyaknya pori yang halus pada padatan tersebut. Biasanya luasnya berada dalam orde 200-1000 m²/g adsorben. Diameter pori sebesar 0,0003-0,02 μm. (Bernasconi, 1995).

Molekul yang teradsorpsi bereaksi secara kimia dengan permukaan disebut kemisorpsi. Reaksi kemisorpsi terjadi karena pemutusan ikatan kimia dan pembentukan ikatan baru sehingga spesies aslinya tak dapat ditemukan (bersifat tak reversibel), berlangsung pada suhu tinggi dan sangat bergantung pada energi

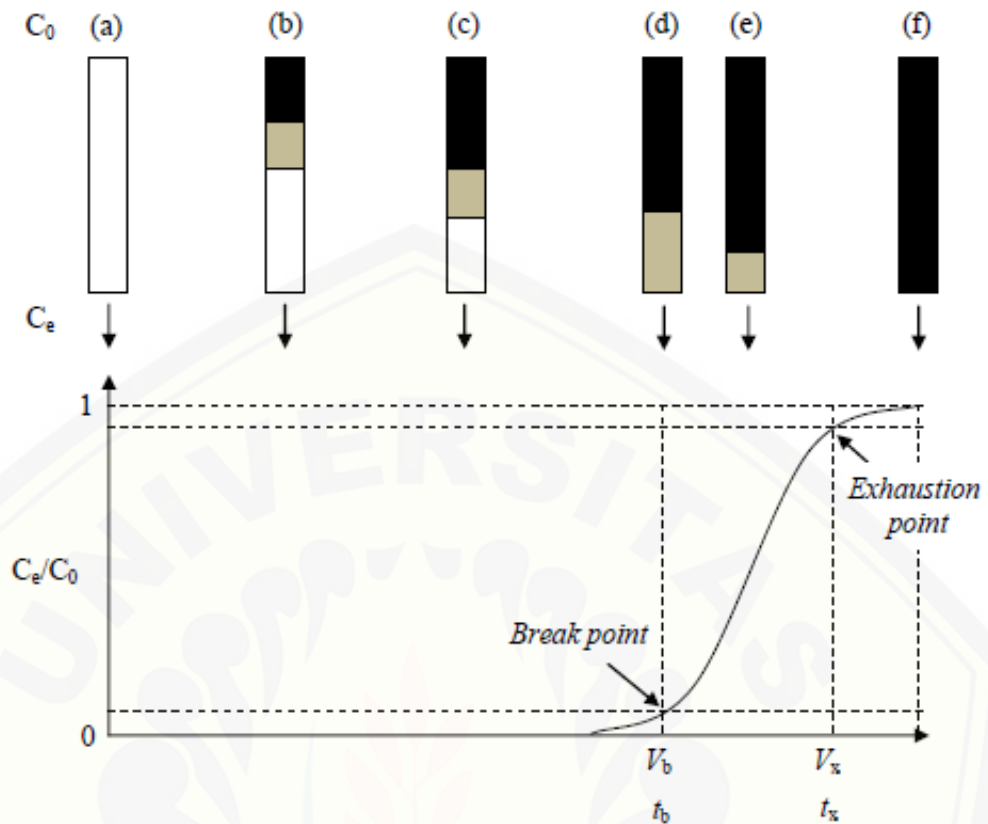
aktivasi. Kemisorpsi tidak sampai melampaui pembentukan monolayer di permukaan (Wahyuni, 2003).

2.3.3 Fixed Bed Column

Umumnya *unsteady state fixed bed* paling sering digunakan untuk treatment air limbah dalam jumlah yang besar. *Feed liquid* yang masuk secara *continuous* melalui atas atau bawah dari sebuah adsorben *solid* yang stasioner. *Solid* mengadsorpsi sejumlah *solute* yang terus meningkat terhadap waktu. Jika kapasitas adsorpsi *solid* (adsorban) terdekati maka *solid* dapat diregenasi kembali. (Donald. W and Herbert. E. K, 1979). *Fixed bed column* yang digunakan dalam proses adsorpsi sistem dinamis (*continuously system*) dapat dioperasikan secara tunggal, rangkaian seri, maupun dalam rangkaian paralel. Ada dua model aliran influen yang digunakan pada sistem dinamis menggunakan *fixed bed column*, yaitu *down flow* dan *up flow*. *Down flow* merupakan model aliran dari arah atas ke bagian bawah kolom sedangkan *up flow* merupakan model aliran dari arah bawah ke bagian atas kolom. Penelitian penggunaan kolom dalam skala kecil dilakukan sebagai bentuk simulasi potensi kinerja dari adsorben dan hasil yang didapatkan dapat evaluasi atau diaplikasikan untuk rancangan reaktor kolom skala besar (Li, 2008).

Larutan influen yang dialirkan pertama kali melewati kolom akan berinteraksi dengan adsorben yang masih bebas dari adsorbat. Larutan akan teradsorpsi secara cepat dan efektif pada permukaan atas lapisan adsorben, dan sebagian kecil adsorbat yang tersisa dari proses adsorpsi pada lapisan adsorben sebelumnya akan diserap oleh lapisan adsorben selanjutnya.

Keadaan influen setelah masuk ke dalam kolom dapat digambarkan melalui ilustrasi kurva *breakthrough* pada gambar 2.7 Efluen yang keluar dari kolom akan bebas dari kandungan adsorbat, ditunjukkan pada rasio C_e/C_0 yang bernilai 0. Rasio C_e/C_0 menggambarkan banyaknya adsorbat yang terikat pada adsorben.



Gambar 2.7 Ilustrasi pergerakan zona adsorpsi pada fixed bed column dan kurva terobosan (*breakthrough*) yang dihasilkan (Sumber: Hatzikioseyan et al., 1996).

Kolom (a) menunjukkan kolom adsorben yang masih bebas dari kandungan adsorbat. Lapisan atas adsorben merupakan lapisan dimana terjadi kontak secara langsung dengan larutan pada konsentrasi tertinggi (C_0), sedangkan lapisan adsorben selanjutnya akan menyerap larutan dengan konsentrasi yang lebih rendah, demikian seterusnya. Kolom (b) dan kolom (c) menunjukkan meningkatnya lapisan jenuh pada kolom. Seiring dengan semakin banyaknya larutan influen yang melewati kolom, lapisan teratas akan relatif jenuh dan efisiensi penyerapannya berkurang sehingga lapisan berikutnya akan menggantikan fungsinya. Lapisan penyerap ini disebut *adsorption zone*. Zona adsorpsi akan bergerak turun mengurangi daerah adsorben yang masih bersih dari adsorbat. Kolom (d) menunjukkan bahwa posisi bawah zona adsorpsi telah mencapai bagian dasar kolom, dan rasio C_e/C_0 telah mencapai nilai yang mendekati 5% untuk pertama kalinya, dengan kata lain sistem telah mencapai

breakthrough point. Konsentrasi adsorbat di dalam efluen kemudian meningkat secara cepat seiring berkurangnya zona adsorpsi. Kolom (e) menunjukkan bahwa C_e/C_0 telah mencapai 50%, jika proses adsorpsi kembali diteruskan maka rasio C_e/C_0 mendekati 95% yang menunjukkan sistem telah mencapai *exhaustion point*. Kolom (f) menunjukkan seluruh adsorben dalam kolom telah jenuh oleh adsorbat yang ditunjukkan dengan rasio C_e/C_0 bernilai 1. Hal ini berarti bahwa adsorben telah jenuh sehingga tidak dapat lagi menyerap adsorbat dari larutan influen dan menyebabkan larutan efluen memiliki konsentrasi larutan efluen yang sama dengan larutan influen (Hatzikioseyan et al., 1996).

Potensi kinerja dari adsorben yang dikemas dalam fixed bed column dapat dilihat dari kapasitas adsorpsi adsorben pada kolom tersebut. Kapasitas adsorpsi menunjukkan banyaknya adsorbat (milligram) yang diserap oleh 1 gram adsorben (Lelifajri, 2010). Kapasitas adsorpsi dalam proses adsorpsi sistem statis *batch* dapat ditentukan dengan model Langmuir sedangkan kapasitas adsorpsi dalam proses adsorpsi sistem dinamis dapat ditentukan menggunakan persamaan Thomas atau yang juga dikenal dengan persamaan *Bed Depth Service Time* (BDST). Bentuk dari persamaan Thomas yaitu:

$$\frac{C_e}{C_0} = \frac{1}{1 + e^{\left[\frac{K_{Th}}{Q} (q_0 M - C_0 V_{eff}) \right]}} \quad (2.1)$$

dengan K_{Th} adalah konstanta laju Thomas (L/menit.mg); q_0 adalah kapasitas adsorpsi (mg/g); M adalah massa adsorben dalam kolom (g); V_{eff} adalah volume efluen yang keluar dari kolom (L); C_0 adalah konsentrasi influen (mg/L); C_e adalah konsentrasi efluen per volume pengambilan (mg/L); serta Q adalah laju alir influen (L/menit) (Nwabanne dan Igbokwe, 2012).

Persamaan Thomas dapat diturunkan ke dalam bentuk persamaan garis linier menghasilkan persamaan (2.6), sehingga mempermudah proses penentuan kapasitas adsorpsi.

$$\frac{1}{\frac{C_e}{C_0}} = 1 + e^{\left[\frac{K_{Th}}{Q} (q_0 M - C_0 V_{eff}) \right]} \quad (2.2)$$

$$\frac{C_0}{C_e} = 1 + e^{\left[\frac{K_{Th}}{Q} (q_0 M - C_0 V_{eff}) \right]} \quad (2.3)$$

$$\frac{C_o}{C_e} - 1 = e^{\left[\frac{K_{Th}}{Q}(q_o M - C_o V_{eff})\right]} \quad (2.4)$$

$$\ln\left(\frac{C_o}{C_e} - 1\right) = \frac{K_{Th}}{Q}(q_o M - C_o V_{eff}) \quad (2.5)$$

$$\ln\left(\frac{C_o}{C_e} - 1\right) = \frac{K_{Th} q_o M}{Q} - \frac{K_{Th} C_o}{Q} V_{eff} \quad (2.6)$$

(Nwabanne dan Igbokwe, 2012).

2.4 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis terdiri atas spektrometer dan fotometer. Spektrofotometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau yang diabsorpsi. Spektrofotometer tersusun atas sumber spektrum yang kontinyu, monokromator, sel pengabsorpsi untuk larutan sampel atau blangko dan suatu alat untuk mengukur perbedaan absorpsi antara sampel dan blangko ataupun pembanding (Khopkar, 1990).

Komponen-komponen pokok dari spektrofotometer meliputi:

- Sumber tenaga radiasi yang stabil, sumber yang biasa digunakan adalah lampu wolfram.
- Monokromator untuk memperoleh sumber sinar yang monokromatis.
- Sel absorpsi, pada pengukuran di daerah visibel menggunakan kuvet kaca atau kuvet kaca corex, tetapi untuk pengukuran pada UV menggunakan sel kuarsa karena gelas tidak tembus cahaya pada daerah ini.
- Detektor radiasi yang dihubungkan dengan sistem meter atau pencatat. Peranan detektor penerima adalah memberikan respon terhadap cahaya pada berbagai panjang gelombang (Khopkar, 2008).

Pengukuran pada daerah UV harus menggunakan sel kuarsa karena gelas tidak tembus cahaya pada daerah ini. Sel yang biasa digunakan berbentuk persegi maupun berbentuk silinder dengan ketebalan 10 mm. Sel tersebut adalah sel pengabsorpsi, merupakan sel untuk meletakkan cairan ke dalam berkas cahaya spektrofotometer. Sel haruslah meneruskan energi cahaya dalam daerah spektral

yang diminati. Sebelum sel dipakai dibersihkan dengan air atau dapat dicuci dengan larutan detergen atau asam nitrat panas apabila dikehendaki (Sastrohamidjojo, 2001).

Serapan ultraviolet dan visibel dari senyawa-senyawa organik berkaitan erat dengan transisi-transisi diantara tingkatan-tingkatan tenaga elektronik. Hal ini disebabkan karena serapan radiasi ultraviolet atau sering dikenal sebagai spektroskopi elektronik. Transisi-transisi tersebut terjadi antara orbital ikatan antara orbital ikatan atau orbital pasangan bebas dan orbital non ikatan tak jenuh atau orbital anti ikatan. Panjang gelombang serapan merupakan ukuran dari pemisahan tingkatan-tingkatan tenaga dari orbital yang bersangkutan. Spektrum ultraviolet adalah gambar antara panjang gelombang atau frekuensi serapan lawan intensitas serapan (transmitasi atau absorbansi). Sering juga data ditunjukkan sebagai gambar grafik atau tabel yang menyatakan panjang gelombang lawan serapan molar atau \log dari serapan molar, E_{\max} atau $\log E_{\max}$ (Sastrohamidjojo, 2001).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Januari - Mei 2016 hingga selesai di Laboratorium Kimia Analitik dan Kimia Fisik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

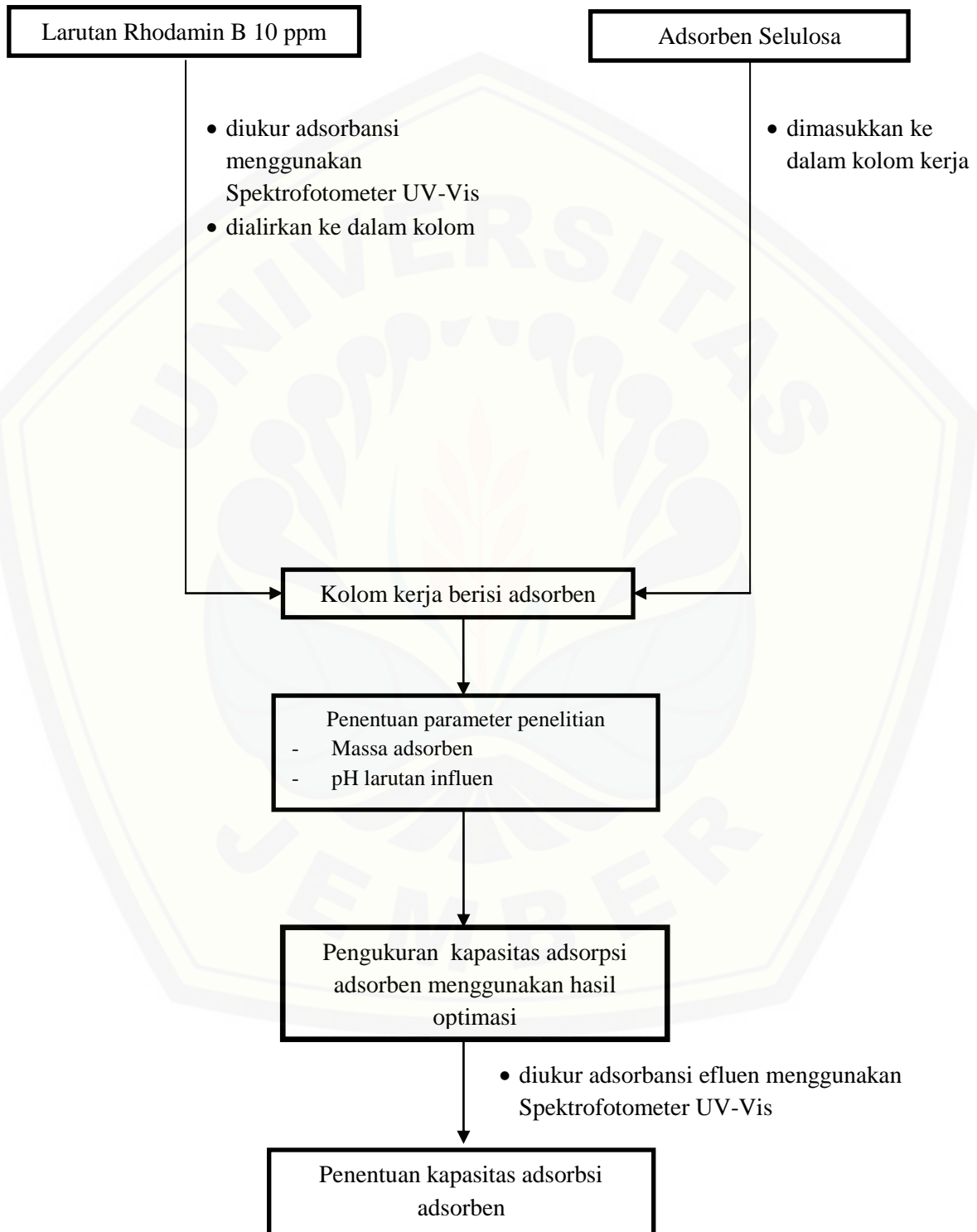
Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven, kolom vertikal, spektrofotometer UV-Vis, pH meter, pipet mohr, pipet volume, pipet tetes, beaker gelas, gelas ukur, ball pipet, set alat infus, neraca analitik, labu ukur, desikator, statif, botol semprot, buret, corong dan kaca arloji.

3.2.2 Bahan

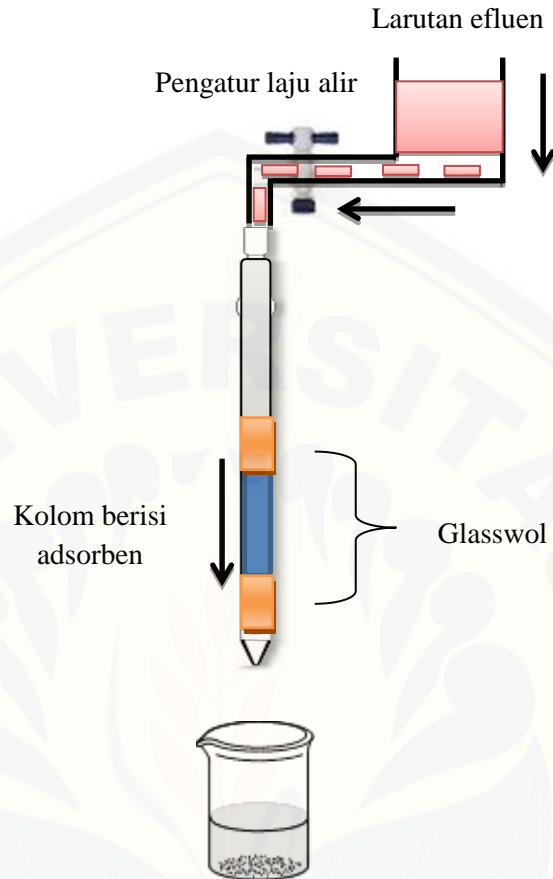
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Selulosa (Sigma-Aldrich), Rhodamin B (Merck, 479,02 g/mol), CH_3COONa (Merck, 82,03 g/mol), CH_3COOH 99,7% (Merck, 60,05 g/mol), KH_2PO_4 (Sigma-Aldrich, 136,08 g/mol), NaOH (Merck, 34 g/mol), $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Merck, 126,07 g/mol) dan Aquades.

3.3 Rancangan Penelitian

3.3.1 Diagram Alir Penelitian



3.3.2 Desain Kolom Kerja



Gambar 3.1 Skema set alat eksperimen

Kolom kerja terdiri atas set alat infus yang telah diatur kran (pengatur laju alir) pada posisi tetap. Kabel infus dihubungkan dengan kolom kaca yang bagian dasar dan atas adsorben ditambahkan dengan glaswool. Efluen yang keluar ditampung dengan menggunakan gelas beaker.

3.4 Preparasi Bahan

3.4.1 Larutan Stok Rhodamin B 100 ppm

Sebanyak 100 mg Rhodamin B dimasukkan ke dalam beaker glass kemudian dilarutkan dengan akuades. Larutan selanjutnya dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas sehingga diperoleh larutan Rhodamin B dengan konsentrasi 100 ppm.

3.4.2 Larutan Standar Rhodamin B

Larutan Rhodamin B 100 ppm dipipet sebanyak 2 mL, 0,2 mL, 0,4 mL, 0,6 mL, 0,8 mL, 1 mL, 1,2 mL, 1,4 mL, 1,6 mL dan 1,8 mL ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan sampai tanda batas menggunakan akuades sehingga didapatkan larutan Rhodamin B 2 ppm; 0,2 ppm; 0,4 ppm; 0,6 ppm; 0,8 ppm; 1 ppm; 1,2 ppm; 1,4 ppm; 1,6 ppm dan 1,8 ppm.

3.4.3 Pembuatan Larutan Asam Oksalat 0,1 M

Asam oksalat dihirat dikeringkan dalam oven dengan suhu 105⁰C selama 100 menit, kemudian ditimbang dengan teliti sebanyak 1,3 gram dengan menggunakan neraca analitik. Asam oksalat dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan aquades hingga tanda batas dan dikocok hingga homogen. Larutan asam oksalat tersebut kemudian dimasukkan ke dalam buret 50 mL.

3.4.4 Pembuatan Larutan NaOH 0,1 M

Padatan NaOH ditimbang dengan teliti sebanyak 0,4 gram. Selanjutnya padatan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas sehingga didapatkan larutan NaOH 0,1 M. Larutan NaOH yang didapatkan dipipet sebanyak 10 mL kemudian dimasukkan ke dalam gelas erlenmeyer dan ditambahkan 2-3 tetes indikator phenophtalein, kemudian dititrasi dengan menggunakan larutan asam oksalat tersebut hingga larutan NaOH mengalami perubahan warna yang konstan. Volume asam oksalat yang didapatkan dicatat dan dilakukan titrasi NaOH sebanyak tiga kali pengulangan.

3.4.5 Pembuatan Larutan CH₃COOH 0,1 M dari Larutan CH₃COOH 99,7%

Larutan CH₃COOH 99,7% dipipet sebanyak 2,9 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 500 mL kemudian diencerkan sampai tanda batas menggunakan akuades sehingga didapatkan larutan CH₃COOH 0,1 M.

3.4.6 Larutan KH_2PO_4 0,1 M

Serbuk KH_2PO_4 dikeringkan di oven dengan suhu 105°C selama 1 jam dan dikeringkan dengan desikator, kemudian ditimbang dengan teliti sebanyak 6,81 gram dan di larutkan dengan akuades di dalam beaker glass. Larutan KH_2PO_4 tersebut dimasukkan ke dalam labu ukur 500 mL dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas sehingga diperoleh larutan KH_2PO_4 0,1 M.

3.4.7 Larutan CH_3COONa 0,1 M

Serbuk CH_3COONa ditimbang dengan teliti menggunakan neraca analitik sebanyak 2 gram dan dilarutkan dengan aquades di dalam beaker gelas. Larutan CH_3COONa tersebut dimasukan ke dalam labu ukur 250 mL dan diencerkan sampai tanda batas sehingga diperoleh larutan CH_3COONa 0,1 M.

3.4.8 Larutan Buffer pH 4 Sampai 8

a. Larutan buffer pH 5

Larutan buffer pH 5 diperoleh dengan mencampurkan 141 mL larutan CH_3COONa 0,1 M dan 59 mL larutan CH_3COOH 0,1 M ke dalam beaker gelas, selanjutnya diaduk agar homogen.

b. Larutan buffer pH 6

Larutan buffer pH 6 diperoleh dengan mencampurkan 250 mL larutan KH_2PO_4 0,1 M dan 28 mL larutan NaOH 0,1 M ke dalam labu ukur 500 mL, selanjutnya diencerkan menggunakan akuades sampai tanda batas.

c. Larutan buffer pH 7

Larutan buffer pH 7 diperoleh dengan mencampurkan 240 mL larutan KH_2PO_4 0,1 M dan 100 mL larutan NaOH 0,1 M ke dalam labu ukur 500 mL, selanjutnya diencerkan menggunakan akuades sampai tanda batas.

Larutan buffer diukur menggunakan pH meter untuk memastikan bahwa pH yang diinginkan sesuai.

3.4.9 Larutan Sampel Rhodamin B 10 ppm

Larutan Rhodamin B 100 ppm dipipet sebanyak 25 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL dan diencerkan dengan buffer pH 5; 6 dan 7 hingga tanda batas dan didapatkan larutan sampel Rhodamin B dengan konsentrasi 10 ppm dalam berbagai variasi pH.

3.5 Pembuatan Kolom

Sebanyak 0,1 gram glasswool di masukan ke bagian bawah kolom. Adsorben ditimbang dengan teliti dan dimasukkan sedikit demi sedikit ke dalam kolom. Adsorben selanjutnya dipadatkan dengan bantuan batang pengaduk panjang, dan bagian atas ditutup kembali dengan glasswool.

3.6 Pembuatan Kurva Kalibrasi

Panjang gelombang maksimum ditentukan dengan membuat larutan standar Rhodamin B dengan konsentrasi 0,5 sampai 2 ppm dan dilakukan *scanning* pada panjang gelombang 400-700 nm menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Larutan blanko menggunakan akuades. Nilai absorbansi di dapatkan, selanjutnya dibuat kurva kalibrasi dengan memplotkan konsentrasi dan nilai absorbansi. Plot tersebut akan menghasilkan persamaan garis linear $y = mx + C$. koefisien y menyatakan nilai adsorbansi, dan x menyatakan besarnya konsentrasi larutan.

3.7 Optimasi Parameter Adsorpsi

3.7.1 Penentuan Massa Adsorben

Adsorben selulosa ditimbang dengan teliti sebanyak 0,1 g, 0,2 g dan 0,3 g. Sebanyak 500 mL larutan Rhodamin B 10 ppm dengan pH 7 dialirkan ke dalam kolom dengan kecepatan alir 0,08 mL/menit. Efluen ditampung setiap 50 mL dan absorbansi Rhodamin B pada efluen ditentukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pengambilan influen dihentikan hingga konsentrasi influen dan efluen sama. Percobaan diulang sebanyak 3 kali untuk masing-masing variasi massa.

3.7.2 Penentuan pH Larutan Influen

Larutan Rhodamin B 10 ppm yang telah dikondisikan pada pH 5, 6 dan 7 masing-masing dialirkan ke dalam kolom sebanyak 500 mL dengan kecepatan alir 0,08 mL/menit yang berisi adsorben selulosa serat sebanyak massa adsorben optimum. Efluen ditampung setiap 50 mL dan absorbansi Rhodamin B pada efluen ditentukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pengambilan influen dihentikan hingga konsentrasi influen dan efluen sama. Percobaan diulang masing-masing variasi pH sebanyak 3 kali.

3.8 Pengukuran Kapasitas Adsorpsi dari Adsorben

Larutan Rhodamin B 10 ppm terlebih dahulu diukur adsorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Adsorben berupa selulosa disiapkan dengan massa sesuai massa optimum. Larutan Rhodamin B 10 ppm yang telah dikondisikan pada pH optimum dialirkan dengan laju alir 0,08 mL/menit kedalam kolom yang telah berisi adsorben. Efluen ditampung dan diambil secara berkala setiap 50 mL penetesan. Konsentrasi Rhodamin B didalam efluen diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pengambilan efluen dihentikan bila adsorbansi efluen sama dengan adsorbansi yang dimiliki oleh larutan Rhodamin B 2 ppm. Percobaan diulang 3 kali dengan menggunakan selulosa yang baru.

3.9 Penentuan kapasitas Adsorpsi dari Adsorben

Kapasitas adsorpsi selulosa terhadap Rhodamin B ditentukan pada proses adsorpsi dengan kondisi optimum. Penentuan kapasitas adsorpsi menggunakan model pendekatan Thomas dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{C_e}{C_0} = \frac{1}{1 + e^{\left[\frac{K_{Th}}{Q} (q_0 M - C_0 V_{eff}) \right]}}$$

Dengan K_{Th} adalah konstanta laju Thomas (L/menit.mg); q_0 adalah kapasitas adsorpsi (mg/g); M adalah massa adsorben dalam kolom (g); V_{eff} adalah volume efluen yang keluar dari kolom (L); C_0 adalah konsentrasi influen (mg/L); C_e

adalah konsentrasi efluen per volume pengambilan (mg/L); serta Q adalah laju alir efluen (L/menit) (Nwabanne dan Igbokwe, 2012).

Bentuk linear dari model Thomas adalah:

$$\ln \left(\frac{C_o}{C_e} - 1 \right) = \frac{K_{Th} q_0 M}{Q} - \frac{K_{Th} C_o}{Q} V_{eff}$$

Kapasitas adsorpsi kolom q_0 dapat ditentukan dari plot V_{eff} vs $\ln[(C_o/C_e)-1]$ pada laju alir tertentu. Nilai intersep grafik digunakan untuk menentukan nilai kapasitas adsorpsi sedangkan nilai gradient digunakan untuk menentukan nilai konstanta Thomas sesuai dengan persamaan linear dengan memasukan semua nilai yang telah diketahui ke dalam persamaan tersebut (Nwabanne dan ignokwe, 2012).

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik berdasarkan uraian hasil dan pembahasan antara lain:

1. Massa selulosa terbaik yang digunakan dalam kolom untuk mengurangi Rhodamin B pada sampel sebesar 0,3 gram.
2. pH larutan influen Rhodamin B terbaik yang diperoleh agar selulosa dapat menyerap dengan optimum yaitu pada pH 7.
3. Kapasitas adsorpsi selulosa dalam mengurangi Rhodamin B dengan konsentrasi 10 ppm yaitu sebesar 5,72 mg/g adsorben.

5.2 Saran

Hal-hal yang diperlukan untuk penelitian selanjutnya berdasarkan uraian hasil dan pembahasan dalam penelitian ini, antara lain:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk optimasi diameter kolom kerja, variasi zat warna dan sistem adsorbansi *batch*.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan mengkombinasikan adsorpsi zat warna dengan bahan adsorben lain seperti lignin dan hemiselulosa. Penelitian ini perlu dikembangkan dengan membandingkan adsorpsi pada bahan alami

DAFTAR PUSTAKA

- Aloulou, Fadhel., Boufi, Sami., and Labidi, Jalel. 2006. Modified Cellulose Fibers for Adsorption Organic Compound in Aqueous Solution. *Int. J. Sci Tech.* **52**: 332-342.
- Amri, A., dkk. 2004. Keseimbangan Adsorpsi Optional Campuran Biner Cd(II) dan Cr(III) dengan Zeolit Alam Terimpregnasi 2-Merkaptobenzotiazol. *Jurnal Natural Indonesia.* **6** (2): 111-117.
- Ariani. 2004. *Studi Toksisitas dan Bioakumulasi Senyawa Rhodamine B*. Depok: UNNES FMIPA Departemen Kimia.
- Aryunani, N. 2003. Adsorpsi Remazol Yellow FG oleh Enceng Gondok Aktif. *Skripsi kimia*. Surakarta: UNS Surakarta.
- Bernasconi, G. 1995. *Teknologi Kimia 2*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Cahyadi, W. 2006. *Analisis dan Aspek Kesehatan Bahan Tambahan Pangan*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Castellan G.W. 1982. *Physical Chemistry Third Edition*. New York: General Graphic Servies.
- Cooney, D.O. 1998. *Adsorption Design For Wastewater Treatment*. USA: Lewis Publishers.
- Diapati, M. 2009. Ampas Tebu Sebagai Adsorben Zat Warna Reaktif Cibacron Red. *Skripsi*. Bogor: IPB.
- Donalt.,W., Sondstrom and Herbert E. Klei. 1979. *Waste Water Treatment 2 nd ed.* England: Englewood CliffNJ-PrenticeHall Inc.
- Gupta, V.K., Mohan D., and Srivasta. 2004. Adsorption Kinetics and Column Operation For The Removal and Recovery of Malachite Green From Wastewater Using Bottom Ash. *Int. J. Sci Tech.* **40** (1): 87-96.
- Hadiwidodo, M. 2008. Penggunaan Abu Sekam Padi sebagai Adsorben dalam Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Logam Cu. *Jurnal Teknik.* **29** (1): 55-63.
- Handayani, A.W. 2010. Penggunaan Selulosa Daun Nanas Sebagai Adsorben Logam Berat Cd(II). *Skripsi*. Surakarta.Universitas Sebelas Maret
- Handojo, L. 1995. *Teknologi Kimia. Bagian 2*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Hastuti, dkk. 2012. Penggunaan Serat Daun Nanas Sebagai Adsorben Zat Warna Procion Red Mx 8b. *Jurnal Kimia*. Surakarta. Universitas Sebelas Maret.

- Hatzikioseyan, A., Mavituna and Tsezos. 1996. Modeling of Fixed Bed Biosorption Column in Continuous Metal Ion Removal Processes: The Case of Single Solute Local Equilibrium. *Poly. Tech.* **9**: 429-448.
- Herlina. 2014. Studi Adsorpsi-Desorpsi Zat Warna *Methylene Blue* Dalam Kitosan. *Skripsi Kimia*. Yogyakarta. UIN Sunan Kalijaga.
- Hidayat, P. 2008. Teknologi Pemanfaatan Serat Daun Nanas sebagai Alternatif Bahan Baku Tekstil. *Jurnal Kimia*. **13**: 31-35.
- Ibbet, R.N., Kaenthong, S., and Phillips. 2006. Charaterisation Porosity of Regenerated Cellulosil Fibres Using Classical Dye Adsorbtian Techniques. *J Tech.* **88**: 77-86.
- Izadyar, S and Rahimi, M. 2007. Use of Beech Wood Sawdust for Adsorption of Textile Dyes. *Journal of biological sciences*. **10** (2): 287-293.
- Kamal, N. 2009. Pemakaian Adsorben Karbon Aktif Dalam Pengolahan Limbah Industri Batik. *Jurnal Teknologi Kimia*. Univesitas Pakuan **14** (2): 77-80.
- Khopkar, S.M. 2008. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Kurniawan. 2010. The Use Of Rice Straw To Eliminate Waste Color Textile Industry Color Index Reactive Orange 84. *Jurnal teknik sipil dan lingkungan*.
- Lee, J.M. 1992. *Biochemical Engineering*. England: Prentice-Hall, Inc
- Lelifajri. 2010. Adsorpsi Ion Logam Cu(II) menggunakan Lignin dari Limbah Serbuk Kayu Gergaji. *J. Kimia Ling.* **7** (3): 126-129.
- Li, C. 2008. "Batch and Bench-Scaled Fixed-Bed Column Evaluations of Heavy Metal Removals from Aqueous Solutions and Synthetic Landfill Leachate using Low-Cost Natural Adsorbents". Tidak Diterbitkan. *Tesis*. Kanada: Queen University.
- Liang., *et.al.* 2005. *Process Biochem. J Biochem.* **40**: 3224.
- Mamoto, dkk. 2013. Analisis Rhodamin B Pada Lipstik Yang Beredar Di Pasar Kota Manado. *Jurnal Kimia Farmasi*. Manado. UNSRAT Manado.
- Manurung, dkk. 2004. Perombakan Zat Warna Azo Reaktif Secara Anaerob-Aerob. *Jurnal kimia*. Medan. Universitas Sumatra Utara.
- Meneghetti, E., *et.al.* 2010. Dynamic Adsorption of Chromium Ions onto Natural and Crosslinked Chitosan Membranes for Wastewater Treatment. *Int. J. Materials Res.* **13** (1): 89-94.

- Miranti, P. 2013. Optimasi Parameter Adsorpsi Logam Pb oleh Serbuk Kayu Pohon Mangga (*Mangifera Indica*) Dalam Sistem Dinamis. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember
- Morales, Bordallo and Leon. 2004. Adsorption and Releasing Properties of Bead Cellulose. *Chinese Journal of Polymer Science. J Science*. **22** (5): 417- 423.
- Moura, I.M.A. 2004. *Adsorption of Yellow Lanazol 4G Reactive Dye in a Simulated Textile Effluent on Gallinaceous Feathers*. Official Publication of The European Water Association : European Water Management [Online].
- Mulyati S. 2006. Potensi Batubara lokal dengan Perlakuan sebagai Adsorben untuk Penanganan Limbah Cair Benzena dan Toluena. *Skripsi*. Jakarta: Departemen Teknik Gas dan Petrokimia FT UI.
- Munawaroh, I. 2012. Pemanfaatan Bonggol Jagung Sebagai Adsorben Rhodamin B Dan Metanil Yellow. *Skripsi kimia*. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Namasivayam and Khavitha, D. 1996. Bioresour. *Int. J Bio Tech*. **57**: 37.
- Namasivayam, Prabha and Kumutha. 1998. Removal of Direct Red and Acid Brilliant Blue by Adsorption on to Banana Pith. *Int. J Bio Tech*. **64**: 77-79.
- Nwabanne, J.T. and Igbokwe, P.K. 2012. Adsorption Performance of Packed Bed Column for the Removal of Lead (II) using Oil Palm Fibre. *Int. J. App. Sci.Tech*. **2** (5): 106-115.
- Pérez, Muñoz-Dorado and Rubia. 2002. Biodegradation and Biological Treatments of Cellulose, Hemicellulose, and Lignin: An Overview. *Int. J Microbiol*. **5**: 53-63.
- Peters R.H. 1975. "Textile Chemistry" The Physical Chemistry Of Dying. *Int. J Elsevier Sci Pub Comp*. **3**.
- Riapanitra, dkk. 2006. Penentuan Waktu Kontak dan pH Optimum Penyerapan Metilen Biru Menggunakan Abu Sekam Padi. *Jurnal Kimia*. Purwokerto: MIPA Unsoed Purwokerto
- Rochanah, T. 2004. Adsorpsi Zat Warna Procion Red MX 8B Pada Limbah Tekstil Oleh Batang Jagung. *Jurnal Kimia*. Surakarta: FMIPA-UNS.
- Sandström, M., et.all. 2003. *The Vasa's New Battle: Sulphuric Acid and Iron*. New York: The Vasa Museum.
- Sastrohamidjojo, H. 1995. *Kimia Kayu*. Edisi kedua. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.
- Sastrohamidjojo, H. 2001. *Kimia Dasar*. Yogyakarta: UGM Press.

- Suwarsa, S. 1997. Penyerapan Zat Warna Tekstil BR Red HE 7B Oleh Jerami Padi⁺. *Jurnal Kimia*. Bandung. ITB
- Suwarsa, S. 1998. Penyerapan Zat Warna Tekstil BR Red HE 7B Oleh Jerami Padi. *Jurnal JMS*. **3** (1). 32-40.
- Suzuki, M. 1990. *Adsorption Engineering*. Tokyo: Kodansha Ltd.
- Wågberg, L. 2001. *Polyelectrolyte Adsorption On Cellulose Fibres—A Review*. Sweden: Fibre Science and Communication Network
- Wahyuni, S. 2003. *Diktat Kimia Fisika 2*. Semarang: UNNES.
- Widjanarko, dkk. 2006. Kinetika Adsorben Zat Warna Congo Red dan Rhodamin B dengan Menggunakan Serabut Kelapa dan Tebu. *Jurnal Teknik Kimia*. Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya
- Windasari, R. 2009. Adsorpsi Zat Warna Tekstil *Direct Blue 86* Oleh Kulit Kacang Tanah. *Skripsi kimia*. Universitas Negeri Semarang.
- Yenti, dkk. 2010. Penjerapan Ion Timbal Oleh Tanah Gambut Secara Dinamis. *Jurnal teknik kimia*. Universitas Riau

LAMPIRAN A. PEMBUATAN LARUTAN**1. Larutan Rhodamin B 100 ppm**

Larutan induk Rhodamin B dibuat dengan cara melarutkan 0,1 g serbuk Rhodamin B dengan akuades sebanyak 250 mL hingga larut kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 1 liter dan diencerkan dengan akuades hingga tanda batas sehingga diperoleh larutan induk Rhodamin B dengan konsentrasi 100 ppm.

Menurut perhitungan : 1=1 atau jika ingin membuat larutan 1000 ppm dalam 1 L maka dibutuhkan massa sebanyak 1000 mg atau 1 g.

2. Larutan Rhodamin B 10 ppm dari larutan induk Rhodamin B 100 ppm

$$\begin{aligned}M_1V_1 &= M_2V_2 \\100 \text{ ppm} \cdot V_1 &= 10 \text{ ppm} \cdot 250 \text{ mL} \\V_1 &= \frac{10 \text{ ppm} \cdot 250 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}} \\V_1 &= 25 \text{ mL}\end{aligned}$$

Larutan Rhodamin B 10 ppm selanjutnya digunakan sebagai larutan influen.

3. Larutan Asam Oksalat 0,1 M

$$\text{Mr } \text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 126,07 \text{ g/mol}$$

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

$$0,1 M = \frac{n}{0,1 L}$$

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

$$n = \frac{g}{Mr}$$

$$0,01 \text{ mol} = \frac{g}{126,07 \frac{g}{\text{mol}}}$$

$$g = 0,01 \text{ mol} \times 126,07 \frac{g}{\text{mol}}$$

$$g = 1,26 \text{ g}$$

Larutan Asam Oksalat 0,1 M disimpan dan digunakan sebagai larutan standart untuk kalibrasi larutan NaOH 0,1 M.

4. Larutan NaOH 0,1 M

$$Mr \text{ NaOH} = 40 \text{ g/mol}$$

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

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

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

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

$$n = \frac{g}{Mr}$$

$$0,025 \text{ mol} = \frac{g}{40 \frac{g}{\text{mol}}}$$

$$g = 0,025 \text{ mol} \times 40 \frac{g}{\text{mol}}$$

$$g = 1 g$$

Larutan NaOH 0,1 M digunakan untuk membuat larutan buffer pH 6 dan 7.

5. Larutan CH₃COOH 0,1 M dari Larutan CH₃COOH 99,7%

$$Mr \text{ CH}_3\text{COOH} = 60 \text{ g/mol}$$

$$\rho \text{ CH}_3\text{COOH} = 1,05 \text{ g/cm}^3$$

99,7 % berarti dalam 100 mL larutan terdapat 99,7 mL CH₃COOH = 0,997 L

$$\begin{aligned} M \text{ CH}_3\text{COOH} &= \frac{\% (\rho) (1000 \frac{g}{kg})}{Mr} \\ &= \frac{0,997 \text{ L} (1,05 \frac{g}{cm^3}) (1000 \frac{g}{kg})}{60 \text{ g/mol}} \end{aligned}$$

$$M \text{ CH}_3\text{COOH} = 17,15 \text{ M}$$

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$17,15 \text{ M} \cdot V_1 = 0,1 \text{ M} \cdot 500 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{0,1 \text{ M} \cdot 500 \text{ mL}}{17,15 \text{ M}}$$

$$V_1 = 2,9 \text{ mL}$$

Larutan CH₃COOH selanjutnya digunakan untuk pembuatan buffer pH 5.

6. Larutan KH₂PO₄ 0,1 M

$$Mr \text{ KH}_2\text{PO}_4 = 136 \text{ g/mol}$$

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

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

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

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

$$n = \frac{g}{Mr}$$

$$0,05 \text{ mol} = \frac{g}{136 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}$$

$$g = 0,05 \text{ mol} \times 136 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$g = 6,8 \text{ g}$$

Larutan KH_2PO_4 selanjutnya digunakan untuk pembuatan buffer pH 6 dan 7.

7. Larutan CH_3COONa 0,1 M

$$Mr \text{ CH}_3\text{COONa} = 82 \text{ g/mol}$$

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

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

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

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

$$n = \frac{g}{Mr}$$

$$0,025 \text{ mol} = \frac{g}{82 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}$$

$$g = 0,025 \text{ mol} \times 82 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$g = 2,05 \text{ g}$$

Larutan CH_3COONa selanjutnya digunakan untuk pembuatan buffer pH 5.

8. Larutan Standar Rhodamin B 0,2-2 ppm dari Larutan induk 100 ppm

$$\begin{aligned}
 M_1V_1 &= M_2V_2 \\
 100 \text{ ppm} \cdot V_1 &= 0,2 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL} \\
 V_1 &= \frac{0,2 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} \\
 V_1 &= 0,2 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

Larutan standar Rhodamin B 0,2 ppm selanjutnya digunakan untuk pembuatan kurva kalibrasi.

$$\begin{aligned}
 M_1V_1 &= M_2V_2 \\
 100 \text{ ppm} \cdot V_1 &= 0,4 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL} \\
 V_1 &= \frac{0,4 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} \\
 V_1 &= 0,4 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

Larutan standar Rhodamin B 0,4 ppm selanjutnya digunakan untuk pembuatan kurva kalibrasi.

$$\begin{aligned}
 M_1V_1 &= M_2V_2 \\
 100 \text{ ppm} \cdot V_1 &= 3 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL} \\
 V_1 &= \frac{0,6 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} \\
 V_1 &= 0,6 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

Larutan standar Rhodamin B 0,6 ppm selanjutnya digunakan untuk pembuatan kurva kalibrasi.

$$\begin{aligned}
 M_1V_1 &= M_2V_2 \\
 100 \text{ ppm} \cdot V_1 &= 0,8 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL} \\
 V_1 &= \frac{0,8 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}}{100 \text{ mL}}
 \end{aligned}$$

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

Larutan standar Rhodamin B 0,8 ppm selanjutnya digunakan untuk pembuatan kurva kalibrasi.

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$100 \text{ ppm} \cdot V_1 = 1 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{1 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}}{100 \text{ mL}}$$

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

Larutan standar Rhodamin B 1 ppm selanjutnya digunakan untuk pembuatan kurva kalibrasi.

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$100 \text{ ppm} \cdot V_1 = 1,2 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{1,2 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}}{100 \text{ mL}}$$

$$V_1 = 1,2 \text{ mL}$$

Larutan standar Rhodamin B 1,2 ppm selanjutnya digunakan untuk pembuatan kurva kalibrasi.

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$100 \text{ ppm} \cdot V_1 = 1,4 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{1,4 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}}{100 \text{ mL}}$$

$$V_1 = 1,4 \text{ mL}$$

Larutan standar Rhodamin B 1,4 ppm selanjutnya digunakan untuk pembuatan kurva kalibrasi.

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$100 \text{ ppm} \cdot V_1 = 1,6 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{1,6 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}}{100 \text{ mL}}$$

$$V_1 = 1,6 \text{ mL}$$

Larutan standar Rhodamin B 1,6 ppm selanjutnya digunakan untuk pembuatan kurva kalibrasi.

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$100 \text{ ppm} \cdot V_1 = 1,8 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{1,8 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}}{100 \text{ mL}}$$

$$V_1 = 1,8 \text{ mL}$$

Larutan standar Rhodamin B 1,8 ppm selanjutnya digunakan untuk pembuatan kurva kalibrasi.

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$100 \text{ ppm} \cdot V_1 = 2 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{2 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}}{100 \text{ mL}}$$

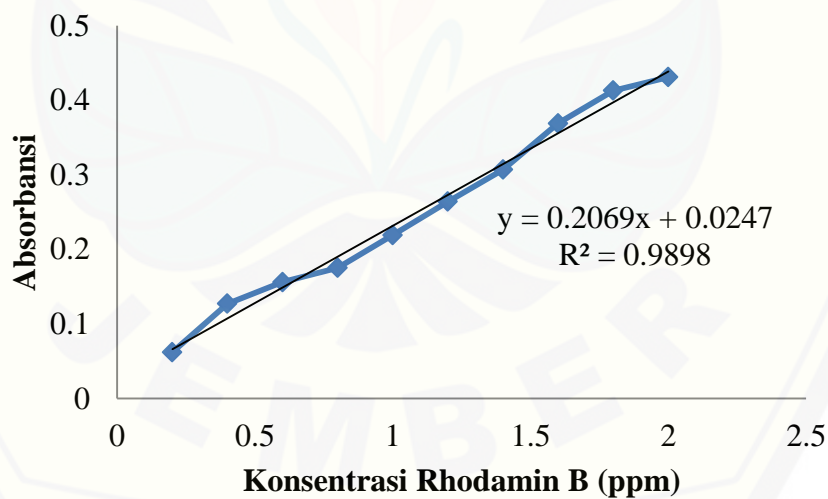
$$V_1 = 2 \text{ mL}$$

Larutan standar Rhodamin B 2 ppm selanjutnya digunakan untuk pembuatan kurva kalibrasi.

LAMPIRAN B. DATA DAN KURVA KALIBRASI LARUTAN STANDART RHODAMIN B UNTUK PROSES ADSORPSI DENGAN VARIASI MASSA ADSORBEN

Tabel B.1 Data Kalibrasi Larutan Standar Rhodamin B untuk Proses Adsorpsi dengan Variasi Massa Adsorben

Konsentrasi Rhodamin B (ppm)	Absorbansi
0.2	0.062
0.4	0.127
0.6	0.156
0.8	0.175
1	0.219
1.2	0.264
1.4	0.307
1.6	0.369
1.8	0.413
2	0.431



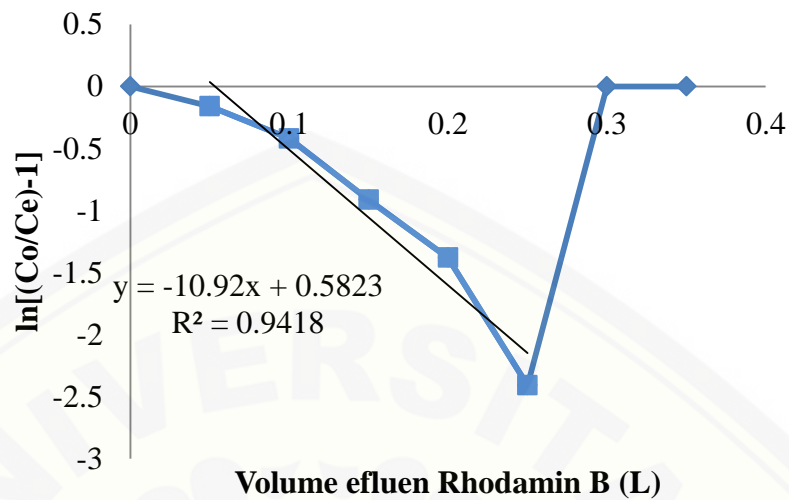
Gambar B.1 Kurva Kalibrasi Standar Rhodamin B

LAMPIRAN C. DATA PROSES PENENTUAN KAPASITAS ADSORPSI SELULOSA DENGAN VARIASI MASSA ADSORBEN

1. Massa Adsorben 0,1 g

Tabel C.1 Data penentuan kapasitas adsorpsi dengan variasi massa 0,1 gram.

Data Absorbansi Pengenceran 5 kali				Ce	Faktor Pengencer (Fp)	Ce*fp	Volume (mL)	Ce/Co	(Co/Ce)⁻¹	ln[(Co/Ce)⁻¹]
Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata							
0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
0.247	0.248	0.248	0.247	1.10	5	5.40	50	0.54	0.85	-0.16
0.273	0.274	0.274	0.273	1.20	5	6.00	100	0.60	0.66	-0.42
0.319	0.320	0.319	0.319	1.40	5	7.10	150	0.71	0.40	-0.91
0.354	0.355	0.355	0.354	1.60	5	8.00	200	0.80	0.25	-1.38
0.403	0.404	0.404	0.403	1.80	5	9.20	250	0.92	0.09	-2.41
0.437	0.437	0.436	0.437	2.00	5	10.0	300	1.00	0.00	∞
0.436	0.437	0.436	0.436	2.00	5	10.0	350	1.00	0.00	∞



Gambar C. 1 Grafik $\ln[(C_0/C_e)-1]$ vs Volume Efluen

Persamaan garis yang didapatkan dari grafik hubungan antara volume efluen (L) dengan $\ln[(C_0/C_e)-1]$ adalah $y = -10,920x + 0,5823$ dengan R^2 sebesar 0.9418 sehingga nilai kapasitas adsorpsi dihitung menggunakan persamaan garis tersebut.

a. Perhitungan Nilai Konstanta Laju Thomas (K_{th})

$$\ln\left(\frac{C_0}{C_e} - 1\right) = \frac{K_{th}q_0M}{Q} - \frac{K_{th}C_0}{Q}V_{eff}$$

$$y = C + mx$$

$$y = -10,920x + 0,5823$$

dengan:

$$Q = 8 \times 10^{-5} \text{ L/menit}$$

$$C_0 = 10 \text{ mg/L}$$

Nilai gradient grafik digunakan untuk menentukan nilai konstanta laju Thomas, sehingga:

$$\begin{aligned}
 mx &= -\frac{K_{th}C_0}{Q}V_{eff} \\
 -10,920 (0,3) &= -\frac{K_{th} \times 10 \frac{mg}{L}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}} \times 0,3 L \\
 10,920 &= \frac{K_{th} \times 10 \frac{mg}{L}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}} \times \frac{0,3 L}{0,3} \\
 10 \text{ mg} \cdot K_{th} &= 10,920 \times 8 \times 10^{-5} L/\text{menit} \\
 K_{th} &= \frac{87,36 \times 10^{-5} L/\text{menit}}{10 \text{ mg}} \\
 K_{th} &= 8,7 \times 10^{-5} L/\text{menit} \cdot \text{mg}
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Nilai Kapasitas Adsorpsi Kolom

Nilai intersept grafik digunakan untuk menentukan nilai kapasitas adsorpsi, dengan:

$$M = 0,1 \text{ gram}$$

$$Q = 8 \times 10^{-5} L/\text{menit}$$

$$C_0 = 10 \text{ mg/L}$$

$$K_{th} = 8,8 \times 10^{-5} L/\text{menit} \cdot \text{mg}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{K_{th}q_0M}{Q} \\
 0,5823 &= \frac{8,7 \times 10^{-5} L/\text{menit} \cdot \text{mg} \times q_0 \times 0,1 \text{ g}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}
 \end{aligned}$$

$$0,87 \times 10^{-5} \text{ g.L/} \text{menit.mg} \times q_0 = 8 \times 10^{-5} \frac{\text{L}}{\text{menit}} \times 0,5823$$

$$q_0 = \frac{4,66 \times 10^{-5} \frac{\text{L}}{\text{menit}}}{0,87 \times 10^{-5} \text{ g.L/} \text{menit.mg}}$$

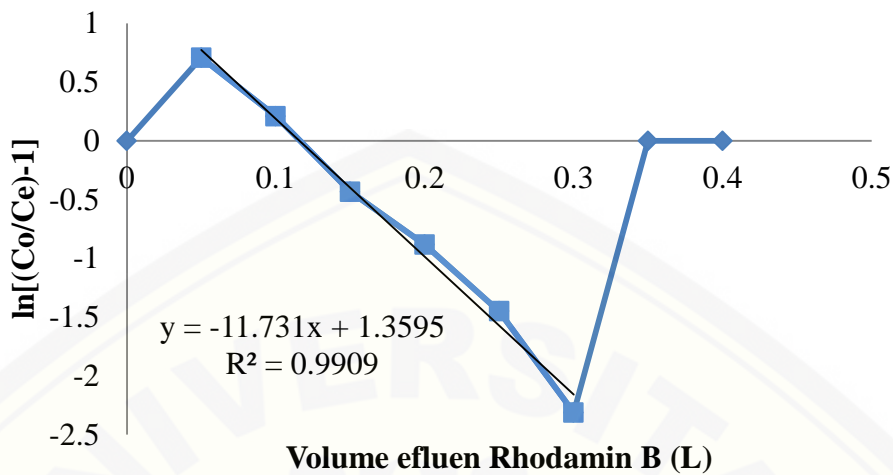
$$q_0 = 5,36 \text{ mg/g}$$

Kapasitas adsorpsi tersebut menunjukkan bahwa setiap 1 gram Selulosa dapat menyerap 5,36 mg Rhodamin B.

2. Massa Adsorben 0,2 g

Tabel C.2 Data penentuan kapasitas adsorpsi dengan variasi massa 0,2 gram

Data Absorbansi Pengenceran 5 kali				Ce	Faktor Pengencer (Fp)	Ce*fp	Volume (mL)	Ce/Co	(Co/Ce)-1	ln[(Co/Ce)-1]
Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata							
0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
0.161	0.161	0.162	0.161	0.70	5	3.30	50	0.33	2.03	0.71
0.210	0.210	0.210	0.210	0.90	5	4.50	100	0.45	1.23	0.21
0.276	0.275	0.275	0.275	1.20	5	6.10	150	0.61	0.65	-0.43
0.317	0.316	0.317	0.317	1.40	5	7.10	200	0.71	0.41	-0.88
0.360	0.360	0.359	0.360	1.60	5	8.10	250	0.81	0.23	-1.45
0.401	0.400	0.401	0.401	1.80	5	9.10	300	0.91	0.10	-2.31
0.439	0.439	0.439	0.439	2.00	5	10.0	350	1.00	0.00	∞
0.439	0.439	0.439	0.439	2.00	5	10.0	400	1.00	0.00	∞



Gambar C.2 Grafik $\ln[(C_0/C_e)-1]$ vs Volume Efluen

Persamaan garis yang didapatkan dari grafik hubungan antara volume efluen (L) dengan $\ln[(C_0/C_e)-1]$ adalah $y = -11,731x + 1,3595$ dengan R^2 sebesar 0.9909 sehingga nilai kapasitas adsorpsi dihitung menggunakan persamaan garis tersebut.

$$y = -11,731x + 1,3595$$

dengan:

$$Q = 8 \times 10^{-5} \text{ L/menit}$$

$$C_0 = 10 \text{ mg/L}$$

Nilai gradient grafik digunakan untuk menentukan nilai konstanta laju Thomas, sehingga:

$$\begin{aligned}
 mx &= -\frac{K_{th}C_0}{Q}V_{eff} \\
 -11,731(0,35) &= -\frac{K_{th} \times 10 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{8 \times 10^{-5} \frac{\text{L}}{\text{menit}}} \times 0,35 \text{ L} \\
 11,731 &= \frac{K_{th} \times 10 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{8 \times 10^{-5} \frac{\text{L}}{\text{menit}}} \times \frac{0,35 \text{ L}}{0,35}
 \end{aligned}$$

$$10 \text{ mg} \cdot K_{th} = 11,731 \times 8 \times 10^{-5} \text{ L/menit}$$

$$K_{th} = \frac{93,85 \times 10^{-5} \text{ L/menit}}{10 \text{ mg}}$$

$$K_{th} = 9,38 \times 10^{-5} \text{ L/menit.mg}$$

b. Perhitungan Nilai Kapasitas Adsorpsi Kolom

Nilai intersept grafik digunakan untuk menentukan nilai kapasitas adsorpsi, dengan:

$$M = 0,1 \text{ gram}$$

$$Q = 8 \times 10^{-5} \text{ L/menit}$$

$$C_0 = 10 \text{ mg/L}$$

$$K_{th} = 9,38 \times 10^{-5} \text{ L/menit.mg}$$

Sehingga:

$$C = \frac{K_{th} q_0 M}{Q}$$

$$1,3595 = \frac{9,38 \times 10^{-5} \text{ L/menit.mg} \times q_0 \times 0,2 \text{ g}}{8 \times 10^{-5} \frac{\text{L}}{\text{menit}}}$$

$$1,87 \times 10^{-5} \text{ g.L/menit.mg} \times q_0 = 8 \times 10^{-5} \frac{\text{L}}{\text{menit}} \times 1,3595$$

$$q_0 = \frac{10,876 \times 10^{-5} \frac{\text{L}}{\text{menit}}}{1,87 \times 10^{-5} \text{ g.L/menit.mg}}$$

$$q_0 = 5,81 \text{ mg/g}$$

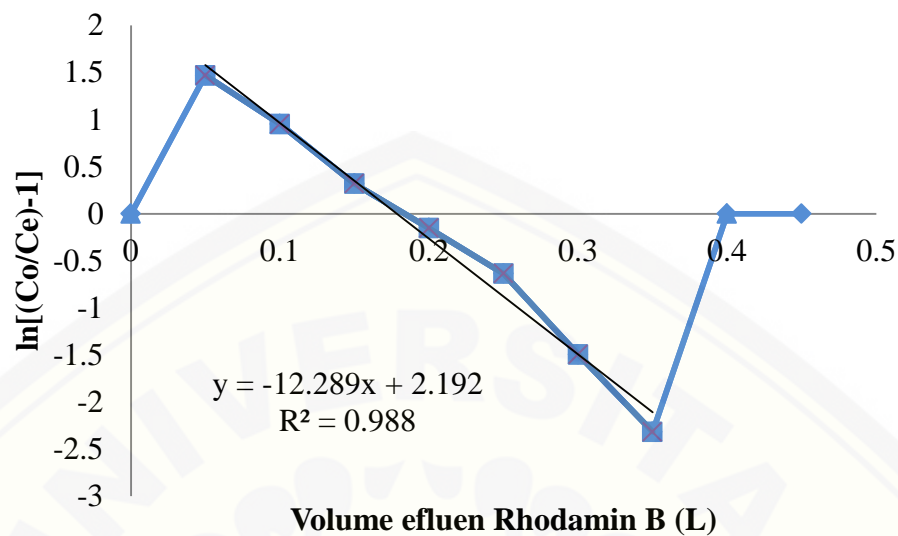
Kapasitas adsorpsi tersebut menunjukkan bahwa setiap 1 gram Selulosa dapat menyerap 5,81 mg Rhodamin B.



3. Massa Adsorben 0,3 g

Tabel C.3 Data penentuan kapasitas adsorpsi dengan variasi massa 0,3 gram

Data Absorbansi Pengenceran 5 kali				Ce	Faktor Pengencer (Fp)	Ce*fp	Volume (mL)	Ce/Co	(Co/Ce)-1	ln[(Co/Ce)-1]
Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata							
0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
0.102	0.103	0.102	0.102	0.40	5	1.90	50	0.19	4.34	1.47
0.139	0.140	0.140	0.140	0.60	5	2.80	100	0.28	2.59	0.95
0.199	0.199	0.198	0.199	0.80	5	4.20	150	0.42	1.38	0.32
0.247	0.247	0.247	0.247	1.10	5	5.40	200	0.54	0.86	-0.15
0.295	0.295	0.295	0.295	1.30	5	6.50	250	0.65	0.53	-0.64
0.362	0.363	0.363	0.362	1.60	5	8.20	300	0.82	0.22	-1.49
0.401	0.401	0.401	0.401	1.80	5	9.10	350	0.91	0.10	-2.32
0.439	0.439	0.439	0.439	2.00	5	10.0	400	1.00	0.00	∞
0.439	0.439	0.439	0.439	2.00	5	10.0	450	1.00	0.00	∞



Gambar C.3 Grafik $\ln[(C_0/C_e)-1]$ vs Volume Efluen

Persamaan garis yang didapatkan dari grafik hubungan antara volume efluen (L) dengan $\ln[(C_0/C_e)-1]$ adalah $y = y = -12,289x + 2,192$ dengan R^2 sebesar 0.9880 sehingga nilai kapasitas adsorpsi dihitung menggunakan persamaan garis tersebut.

$$y = -12,289x + 2,192$$

dengan:

$$Q = 8 \times 10^{-5} \text{ L/menit}$$

$$C_0 = 10 \text{ mg/L}$$

Nilai gradient grafik digunakan untuk menentukan nilai konstanta laju Thomas, sehingga:

$$mx = -\frac{K_{th}C_0}{Q}V_{eff}$$

$$-12,289(0,4) = -\frac{K_{th} \times 10 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{8 \times 10^{-5} \frac{\text{L}}{\text{menit}}} \times 0,4 \text{ L}$$

$$12,289 = \frac{K_{th} \times 10 \frac{mg}{L}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}} \times \frac{0,4 L}{0,4}$$

$$10 \text{ mg} \cdot K_{th} = 12,289 \times 8 \times 10^{-5} L/menit$$

$$K_{th} = \frac{98,31 \times 10^{-5} L/menit}{10 \text{ mg}}$$

$$K_{th} = 9,83 \times 10^{-5} L/menit \cdot mg$$

b. Perhitungan Nilai Kapasitas Adsorpsi Kolom

Nilai intersept grafik digunakan untuk menentukan nilai kapasitas adsorpsi, dengan:

$$M = 0,1 \text{ gram}$$

$$Q = 8 \times 10^{-5} L/menit$$

$$C_0 = 10 \text{ mg/L}$$

$$K_{th} = 9,83 \times 10^{-5} L/menit \cdot mg$$

Sehingga:

$$C = \frac{K_{th} q_0 M}{Q}$$

$$2,1920 = \frac{9,83 \times 10^{-5} L/menit \cdot mg \times q_0 \times 0,3 \text{ g}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}$$

$$2,95 \times 10^{-5} \text{ g} \cdot L/menit \cdot mg \times q_0 = 8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit} \times 2,1920$$

$$q_0 = \frac{17,536 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}{2,95 \times 10^{-5} \text{ g} \cdot L/menit \cdot mg}$$

$$q_0 = 5,94 \text{ mg/g}$$

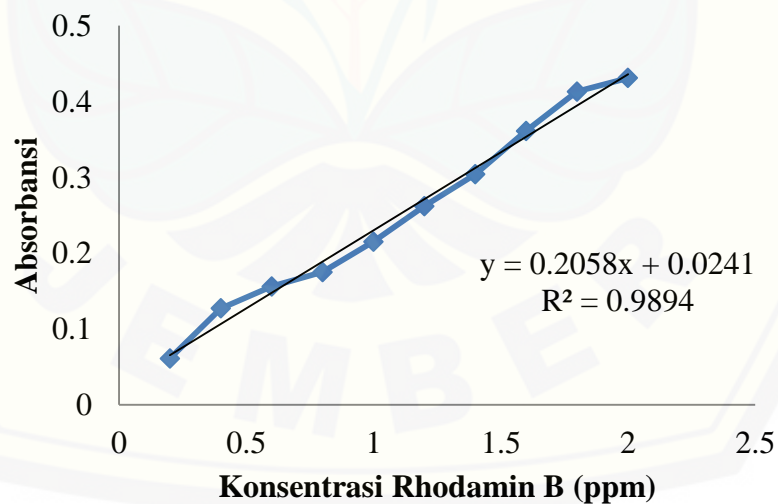
Kapasitas adsorpsi tersebut menunjukkan bahwa setiap 1 gram Selulosa dapat menyerap 5,94 mg Rhodamin B.



**LAMPIRAN D. DATA DAN KURVA KALIBRASI LARUTAN STANDART
RHODAMIN B UNTUK PROSES ADSORPSI DENGAN
VARIASI pH INFLUEN**

Tabel D.1 Data Kalibrasi Larutan Standar Rhodamin B untuk Proses Adsorpsi dengan Variasi pH larutan influen

Konsentrasi Rhodamin B (ppm)	Absorbansi
0.2	0.061
0.4	0.127
0.6	0.156
0.8	0.175
1	0.215
1.2	0.262
1.4	0.304
1.6	0.361
1.8	0.413
2	0.431



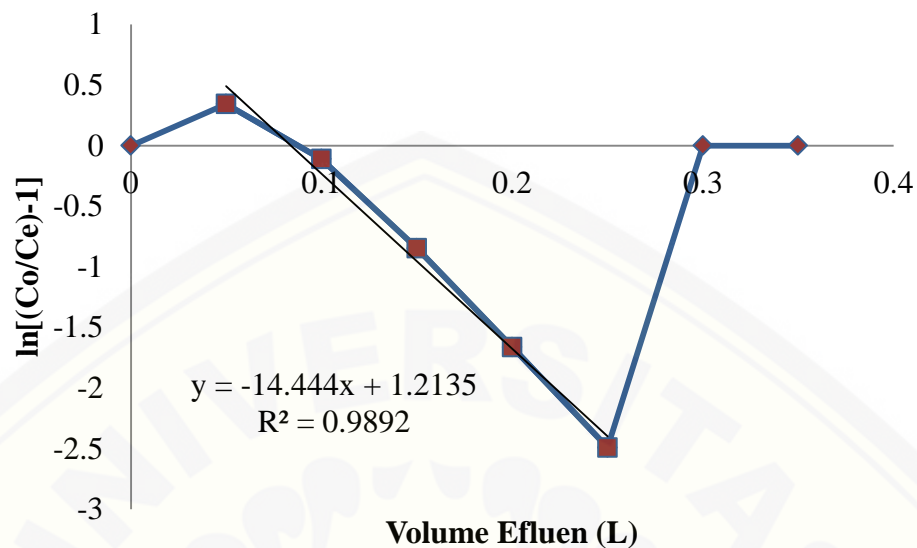
Gambar D. Kurva Kalibrasi Standar Rhodamin B

LAMPIRAN E. DATA PROSES PENENTUAN KAPASITAS ADSORPSI SELULOSA DENGAN VARIASI pH LARUTAN INFLUEN

1. Influen pH 5

Tabel E.1 Data penentuan kapasitas adsorpsi dengan variasi pH 5

Data Absorbansi Pengenceran 5 kali				Ce	Faktor Pengencer (Fp)	Ce*fp	Volume (mL)	Ce/Co	(Co/Ce)-1	ln[(Co/Ce)-1]
Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata							
0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
0.195	0.194	0.195	0.195	0.80	5	4.10	50	0.41	1.41	0.34
0.242	0.241	0.241	0.242	1.10	5	5.30	100	0.53	0.90	-0.11
0.312	0.313	0.312	0.312	1.40	5	7.00	150	0.70	0.43	-0.85
0.370	0.370	0.371	0.370	1.70	5	8.40	200	0.84	0.19	-1.66
0.426	0.422	0.422	0.423	1.80	5	9.20	250	0.92	0.08	-2.49
0.436	0.436	0.436	0.436	2.00	5	10.0	300	1.00	0.00	∞
0.436	0.436	0.436	0.436	2.00	5	10.0	350	1.00	0.00	∞



Gambar E.1 Grafik $\ln[(C_0/C_e)-1]$ vs Volume Efluen

Persamaan garis yang didapatkan dari grafik hubungan antara volume efluen (L) dengan $\ln[(C_0/C_e)-1]$ adalah $y = -14,444x + 1,2135$ dengan R^2 sebesar 0.9892 sehingga nilai kapasitas adsorpsi dihitung menggunakan persamaan garis tersebut.

$$y = -14,444x + 1,2135$$

dengan:

$$Q = 8 \times 10^{-5} \text{ L/menit}$$

$$C_0 = 10 \text{ mg/L}$$

Nilai gradient grafik digunakan untuk menentukan nilai konstanta laju Thomas, sehingga:

$$mx = -\frac{K_{th}C_0}{Q}V_{eff}$$

$$-14,444(0,3) = -\frac{K_{th} \times 10 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{8 \times 10^{-5} \frac{\text{L}}{\text{menit}}} \times 0,3 \text{ L}$$

$$14,444 = \frac{K_{th} \times 10 \frac{mg}{L}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}} \times \frac{0,3 L}{0,3}$$

$$10 \text{ mg} \cdot K_{th} = 14,444 \times 8 \times 10^{-5} \text{ L/menit}$$

$$K_{th} = \frac{115,55 \times 10^{-5} \text{ L/menit}}{10 \text{ mg}}$$

$$K_{th} = 11,5 \times 10^{-5} \text{ L/menit} \cdot \text{mg}$$

b. Perhitungan Nilai Kapasitas Adsorpsi Kolom

Nilai intersept grafik digunakan untuk menentukan nilai kapasitas adsorpsi, dengan:

$$M = 0,1 \text{ gram}$$

$$Q = 8 \times 10^{-5} \text{ L/menit}$$

$$C_0 = 10 \text{ mg/L}$$

$$K_{th} = 11,5 \times 10^{-5} \text{ L/menit} \cdot \text{mg}$$

Sehingga:

$$C = \frac{K_{th} q_0 M}{Q}$$

$$1,2135 = \frac{11,5 \times 10^{-5} \text{ L/menit} \cdot \text{mg} \times q_0 \times 0,3 \text{ g}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}$$

$$3,45 \times 10^{-5} \text{ g} \cdot \text{L/menit} \cdot \text{mg} \times q_0 = 8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit} \times 1,2135$$

$$q_0 = \frac{9,704 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}{3,45 \times 10^{-5} \frac{g \cdot L}{menit \cdot mg}}$$

$$q_0 = 2,81 \text{ mg/g}$$

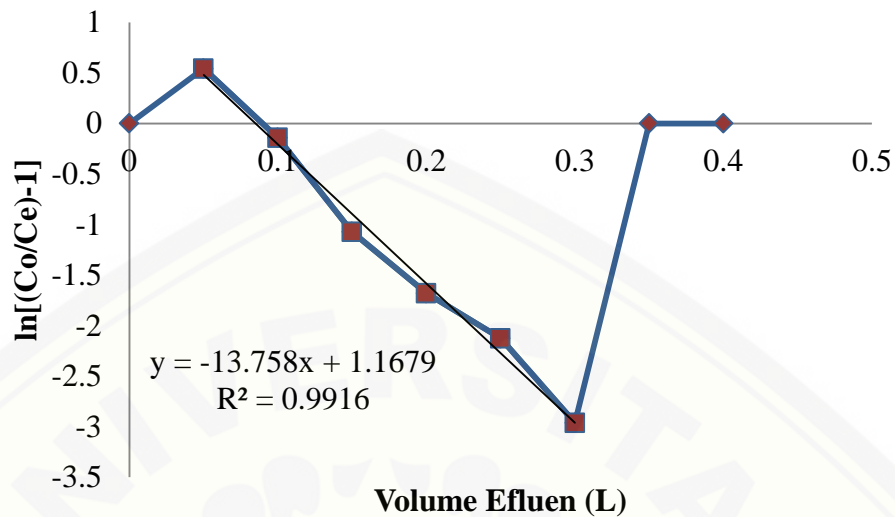
Kapasitas adsorpsi tersebut menunjukkan bahwa selulosa sebanyak 1 gram pada pH 5 mampu menyerap 2,81 mg Rhodamin B.



2. Influen pH 6

Tabel E.2 Data penentuan kapasitas adsorpsi dengan variasi pH 6

Data Absorbansi Pengenceran 5 kali				Ce	Faktor Pengencer (Fp)	Ce*fp	Volume (mL)	Ce/Co	(Co/Ce)-1	ln[(Co/Ce)-1]
ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata							
0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00	0,00
0.176	0.176	0.177	0.176	0.70	5	3.70	50	0.37	1.72	0.54
0.247	0.247	0.247	0.247	1.10	5	5.40	100	0.54	0.87	-0.14
0.334	0.335	0.335	0.335	1.50	5	7.50	150	0.75	0.34	-1.07
0.376	0.375	0.376	0.375	1.70	5	8.40	200	0.84	0.19	-1.68
0.397	0.397	0.396	0.396	1.80	5	8.90	250	0.89	0.12	-2.13
0.420	0.421	0.421	0.420	1.90	5	9.50	300	0.95	0.05	-2.96
0.441	0.441	0.441	0.441	2.00	5	10.0	350	1.00	0.00	∞
0.441	0.441	0.441	0.441	2.00	5	10.0	400	1.00	0.00	∞



Gambar E.2 Grafik $\ln[(C_0/C_e)-1]$ vs Volume Efluen

Persamaan garis yang didapatkan dari grafik hubungan antara volume efluen (L) dengan $\ln[(C_0/C_e)-1]$ adalah $y = -13,758x+1,1679$ dengan R^2 sebesar 0.9916 sehingga nilai kapasitas adsorpsi dihitung menggunakan persamaan garis tersebut.

$$y = -13,758x+1,1679$$

dengan:

$$Q = 8 \times 10^{-5} \text{ L/menit}$$

$$C_0 = 10 \text{ mg/L}$$

Nilai gradient grafik digunakan untuk menentukan nilai konstanta laju Thomas, sehingga:

$$mx = - \frac{K_{th}C_0}{Q} V_{eff}$$

$$-13,758 (0,35) = - \frac{K_{th} \times 10 \frac{mg}{L}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}} \times 0,35 L$$

$$13,758 = \frac{K_{th} \times 10 \frac{mg}{L}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}} \times \frac{0,35 L}{0,35}$$

$$10 \text{ mg} \cdot K_{th} = 13,758 \times 8 \times 10^{-5} L/\text{menit}$$

$$K_{th} = \frac{110,06 \times 10^{-5} L/\text{menit}}{10 \text{ mg}}$$

$$K_{th} = 11 \times 10^{-5} L/\text{menit} \cdot \text{mg}$$

b. Perhitungan Nilai Kapasitas Adsorpsi Kolom

Nilai intersept grafik digunakan untuk menentukan nilai kapasitas adsorpsi, dengan:

$$M = 0,1 \text{ gram}$$

$$Q = 8 \times 10^{-5} L/\text{menit}$$

$$C_0 = 10 \text{ mg/L}$$

$$K_{th} = 11 \times 10^{-5} L/\text{menit} \cdot \text{mg}$$

Sehingga:

$$C = \frac{K_{th} q_0 M}{Q}$$

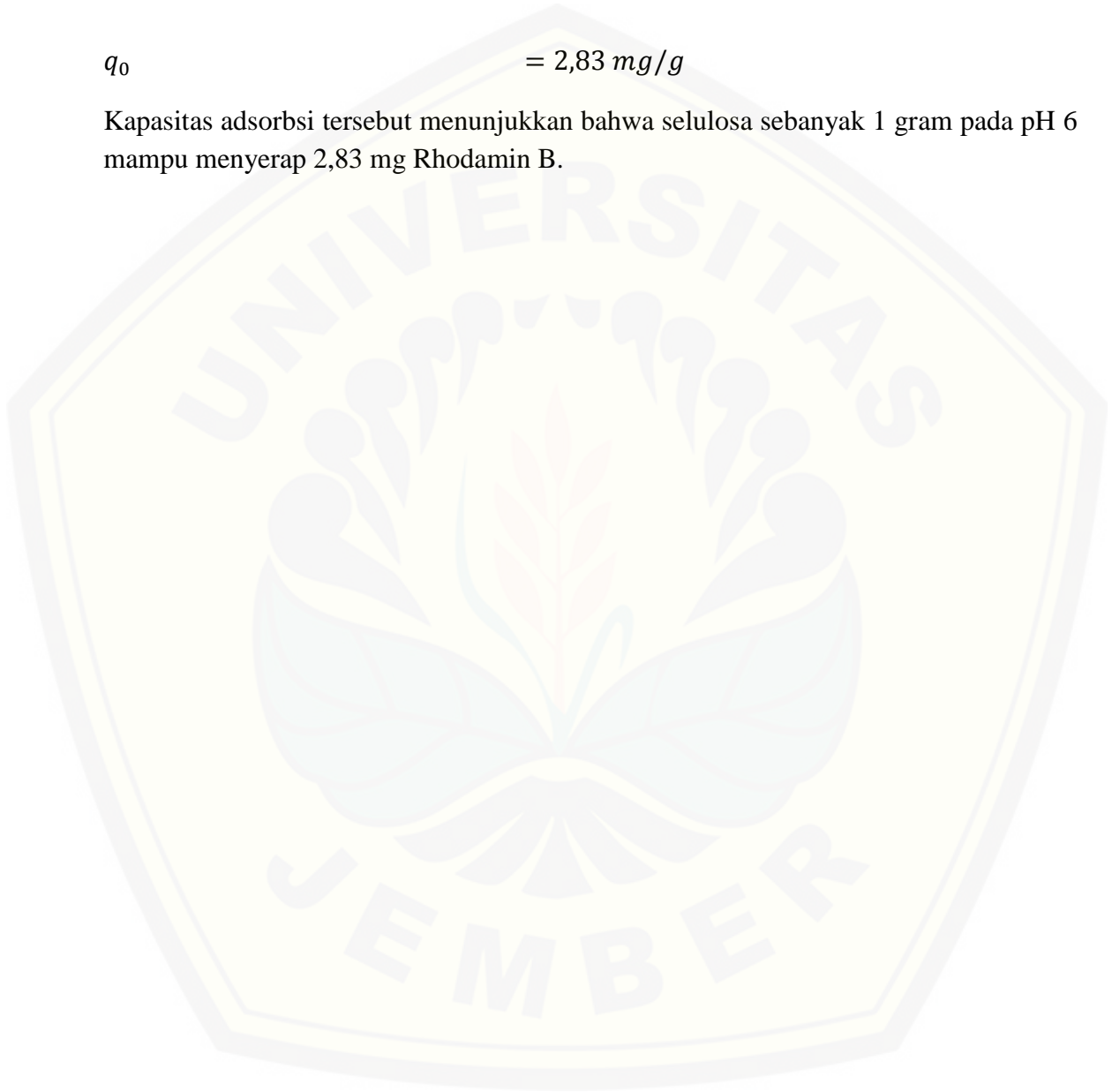
$$1,1679 = \frac{11 \times 10^{-5} L/\text{menit} \cdot \text{mg} \times q_0 \times 0,3 \text{ g}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}$$

$$3,3 \times 10^{-5} \text{ g} \cdot L/\text{menit} \cdot \text{mg} \times q_0 = 8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit} \times 1,1679$$

$$q_0 = \frac{9,34 \times 10^{-5} \frac{L}{\text{menit}}}{3,3 \times 10^{-5} \text{ g} \cdot \text{L} / \text{menit} \cdot \text{mg}}$$

$$q_0 = 2,83 \text{ mg/g}$$

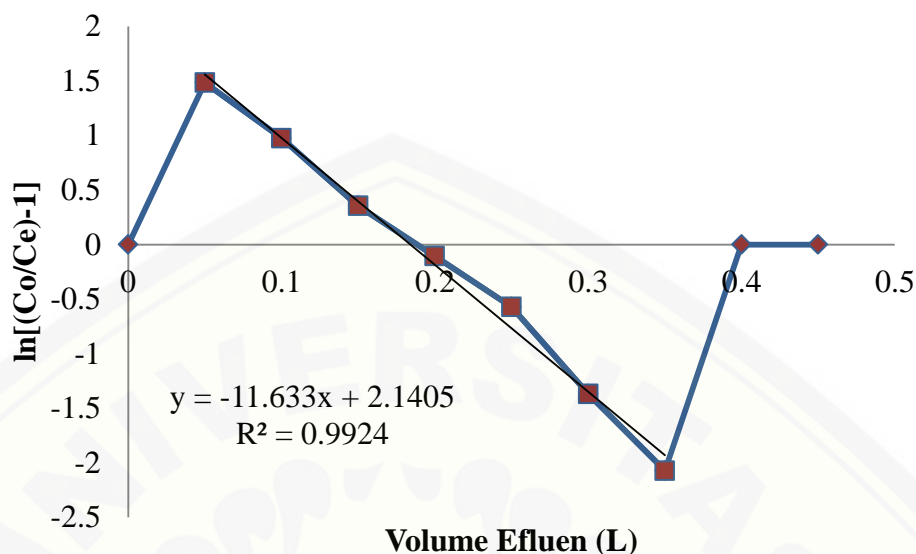
Kapasitas adsorpsi tersebut menunjukkan bahwa selulosa sebanyak 1 gram pada pH 6 mampu menyerap 2,83 mg Rhodamin B.



3. Influen pH 7

Tabel E.3 Data penentuan kapasitas adsorpsi dengan variasi pH 7

Data Absorbansi Pengenceran 5 kali				Ce	Faktor Pengencer (Fp)	Ce*fp	Volume (mL)	Ce/Co	(Co/Ce)-1	ln[(Co/Ce)-1]
Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata							
0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
0.101	0.101	0.100	0.101	0.40	5	1.80	50	0.18	4.41	1.48
0.137	0.137	0.137	0.137	0.50	5	2.70	100	0.27	2.65	0.98
0.193	0.194	0.194	0.193	0.80	5	4.10	150	0.41	1.43	0.36
0.241	0.240	0.241	0.241	1.10	5	5.30	200	0.53	0.90	-0.11
0.287	0.287	0.287	0.287	1.30	5	6.40	250	0.64	0.57	-0.57
0.352	0.352	0.352	0.352	1.60	5	8.00	300	0.80	0.25	-1.37
0.389	0.390	0.390	0.389	1.80	5	8.90	350	0.89	0.13	-2.07
0.431	0.431	0.431	0.431	2.00	5	10.0	400	1.00	0.00	∞
0.431	0.431	0.431	0.431	2.00	5	10.0	450	1.00	0.00	∞



Gambar E.3 Grafik $\ln[(C_0/C_e)-1]$ vs Volume Efluen

Persamaan garis yang didapatkan dari grafik hubungan antara volume efluen (L) dengan $\ln[(C_0/C_e)-1]$ adalah $y = -11,633x + 2,1405$ dengan R^2 sebesar 0.9924 sehingga nilai kapasitas adsorpsi dihitung menggunakan persamaan garis tersebut.

$$y = -11,633x + 2,1405$$

dengan:

$$Q = 8 \times 10^{-5} \text{ L/menit}$$

$$C_0 = 10 \text{ mg/L}$$

Nilai gradient grafik digunakan untuk menentukan nilai konstanta laju Thomas, sehingga:

$$mx = - \frac{K_{th} C_0}{Q} V_{eff}$$

$$-11,633(0,4) = - \frac{K_{th} \times 10 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{8 \times 10^{-5} \frac{\text{L}}{\text{menit}}} \times 0,4 \text{ L}$$

$$11,633 = \frac{K_{th} \times 10 \frac{mg}{L}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}} \times \frac{0,4 L}{0,4}$$

$$10 \text{ mg} \cdot K_{th} = 11,633 \times 8 \times 10^{-5} L/menit$$

$$K_{th} = \frac{93,06 \times 10^{-5} L/menit}{10 \text{ mg}}$$

$$K_{th} = 9,3 \times 10^{-5} L/menit.mg$$

b. Perhitungan Nilai Kapasitas Adsorpsi Kolom

Nilai intersept grafik digunakan untuk menentukan nilai kapasitas adsorpsi, dengan:

$$M = 0,1 \text{ gram}$$

$$Q = 8 \times 10^{-5} L/menit$$

$$C_0 = 10 \text{ mg/L}$$

$$K_{th} = 9,3 \times 10^{-5} L/menit.mg$$

Sehingga:

$$C = \frac{K_{th} q_0 M}{Q}$$

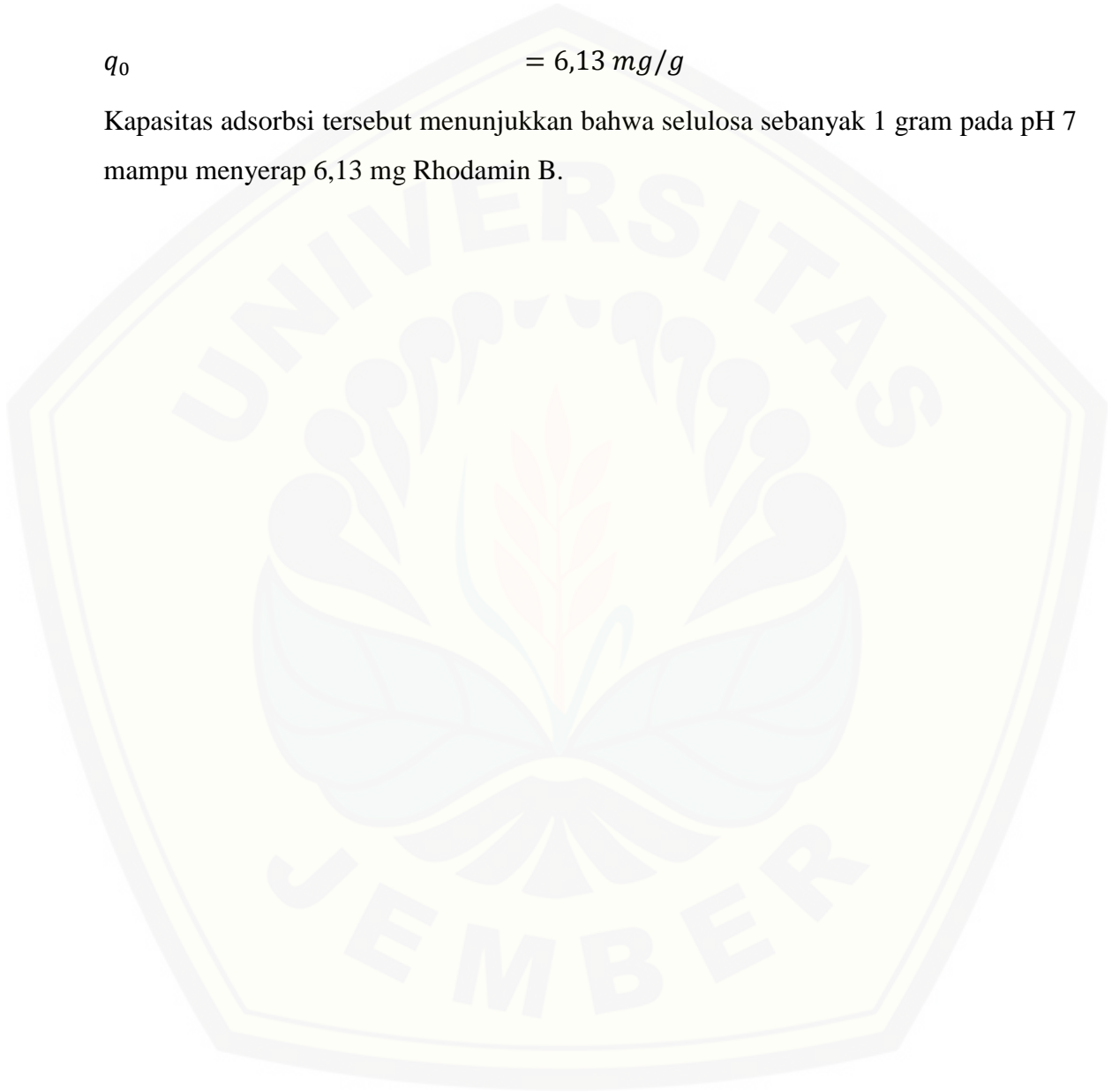
$$2,1405 = \frac{9,3 \times 10^{-5} L/menit.mg \times q_0 \times 0,3 \text{ g}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}$$

$$2,79 \times 10^{-5} \text{ g} \cdot L/menit.mg \times q_0 = 8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit} \times 2,1405$$

$$q_0 = \frac{17,12 \times 10^{-5} \frac{L}{\text{menit}}}{2,79 \times 10^{-5} \text{ g} \cdot \frac{L}{\text{menit} \cdot \text{mg}}}$$

$$q_0 = 6,13 \text{ mg/g}$$

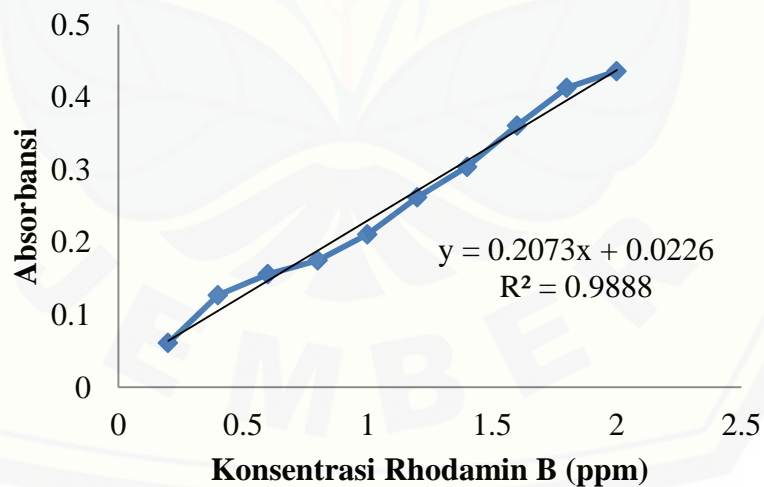
Kapasitas adsorpsi tersebut menunjukkan bahwa selulosa sebanyak 1 gram pada pH 7 mampu menyerap 6,13 mg Rhodamin B.



LAMPIRAN F. DATA DAN KURVA KALIBRASI LARUTAN STANDART RHODAMIN B UNTUK PROSES PENENTUAN KAPASITAS OPTIMUM ADSORBEN SELULOSA

Tabel F.1 Data Kalibrasi Larutan Standar Rhodamin B untuk Proses penentuan kapasitas optimum adsorben

Konsentrasi Rhodamin B (ppm)	Absorbansi
0.2	0.061
0.4	0.127
0.6	0.156
0.8	0.175
1	0.211
1.2	0.262
1.4	0.304
1.6	0.361
1.8	0.413
2	0.436

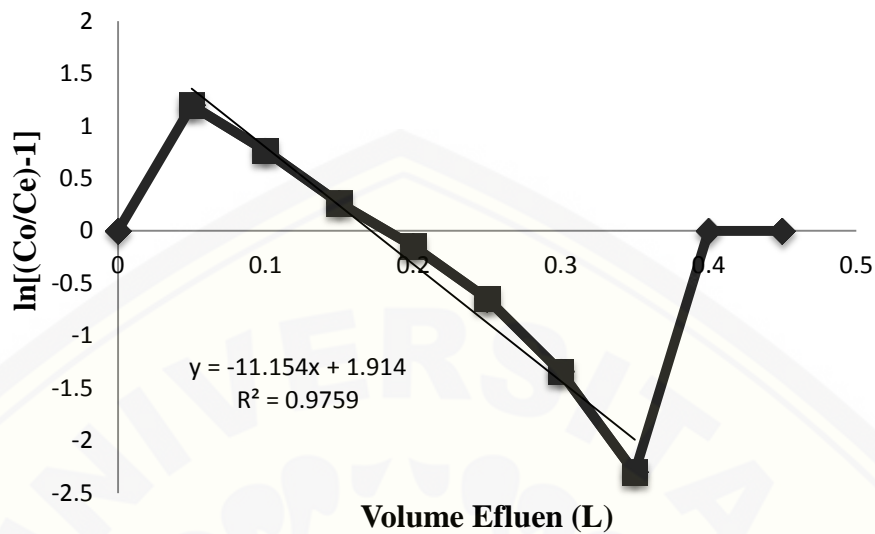


Gambar F. Kurva Kalibrasi Standar Rhodamin B

LAMPIRAN G. DATA PROSES PENENTUAN KAPASITAS ADSORPSI ADSORBEN SELULOSA

Tabel G.1 Data penentuan kapasitas adsorpsi adsorben selulosa

Data Absorbansi Pengenceran 5 kali				Ce	Faktor Pengencer (Fp)	Ce*fp	Volume (mL)	Ce/Co	(Co/Ce)-1	ln[(Co/Ce)-1]
ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata							
0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
0.119	0.118	0.119	0.119	0.40	5	2.30	50	0.23	3.30	1.19
0.153	0.154	0.154	0.154	0.60	5	3.20	100	0.32	2.15	0.76
0.203	0.203	0.203	0.203	0.85	5	4.30	150	0.43	1.30	0.26
0.245	0.246	0.245	0.245	1.07	5	5.40	200	0.54	0.86	-0.15
0.295	0.295	0.294	0.294	1.31	5	6.60	250	0.66	0.52	-0.65
0.352	0.351	0.351	0.351	1.59	5	7.90	300	0.79	0.26	-1.34
0.400	0.399	0.400	0.399	1.82	5	9.10	350	0.91	0.10	-2.30
0.437	0.429	0.437	0.434	2.00	5	10.0	400	1.00	0.00	∞
0.437	0.437	0.437	0.437	2.00	5	10.0	450	1.00	0.00	∞



Gambar F.1 Grafik $\ln[(C_0/C_e)-1]$ vs Volume Efluen

Persamaan garis yang didapatkan dari grafik hubungan antara volume efluen (L) dengan $\ln[(C_0/C_e)-1]$ adalah $y = -11,154x + 1,914$ dengan R^2 sebesar 0.9759 sehingga nilai kapasitas adsorpsi dihitung menggunakan persamaan garis tersebut.

a. Perhitungan Nilai Konstanta Laju Thomas (K_{th})

$$y = -11,154x + 1,914$$

dengan:

$$Q = 8 \times 10^{-5} \text{ L/menit}$$

$$C_0 = 10 \text{ mg/L}$$

Sehingga:

$$mx = -\frac{K_{th}C_0}{Q}V_{eff}$$

$$-11,154 (0,4) = -\frac{K_{th} \times 10 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{8 \times 10^{-5} \frac{\text{L}}{\text{menit}}} \times 0,4 \text{ L}$$

$$11,154 = \frac{K_{th} \times 10 \frac{mg}{L}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}} \times \frac{0,4 L}{0,4}$$

$$10 \text{ mg} \cdot K_{th} = 11,154 \times 8 \times 10^{-5} \text{ L/menit}$$

$$K_{th} = \frac{89,23 \times 10^{-5} \text{ L/menit}}{10 \text{ mg}}$$

$$K_{th} = 8,92 \times 10^{-5} \frac{L}{menit \cdot mg}$$

b. Perhitungan Nilai Kapasitas Adsorpsi Kolom

dengan:

$$M = 0,3 \text{ gram}$$

$$Q = 8 \times 10^{-5} \text{ L/menit}$$

$$C_0 = 10 \text{ mg/L}$$

$$K_{th} = 8,92 \times 10^{-5} \text{ L/menit} \cdot \text{mg}$$

Sehingga:

$$C = \frac{K_{th} q_0 M}{Q}$$

$$1,914 = \frac{8,92 \times 10^{-5} \frac{L}{menit \cdot mg} \times q_0 \times 0,3 \text{ g}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}$$

$$2,676 \times 10^{-5} \frac{g \cdot L}{menit \cdot mg} \times q_0 = 8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit} \times 1,914$$

$$q_0 = \frac{15,312 \times 10^{-5} \text{ L/menit}}{2,676 \times 10^{-5} \frac{g \cdot L}{menit \cdot mg}}$$

$$q_0 = 5,72 \text{ mg/g}$$

Kapasitas adsorpsi menunjukkan bahwa setiap 1 gram selulosa pada pH 7 dan massa selulosa dalam kolom 0,3 gram mampu menyerap 5,72 mg Rhodamin B.

