



**OPTIMALISASI ADSORPSI HEMISELULOSA TERHADAP
ZAT WARNA RHODAMIN B PADA SISTEM DINAMIS**

SKRIPSI

Oleh

**Sella August Putri
NIM 121810301040**

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



**OPTIMALISASI ADSORPSI HEMISELULOSA TERHADAP
ZAT WARNA RHODAMIN B PADA 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

**Sella August Putri
NIM 121810301040**

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

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kehidupan, pertolongan, kasih, hidayah, dan rahmat yang tidak terkira;
2. Ibunda Siti Jami'ah dan Ayahanda Mat Sukaeri yang senantiasa memberikan doa, cinta, kasih sayang, pengorbanan, kesabaran, keikhlasan, bimbingan, didikan, nasehat, teladan, perjuangan dan atas segala yang telah diberikan dengan tulus ikhlas;
3. Guru-guru sejak SD sampai SMA serta dosen-dosen di Jurusan Kimia FMIPA UNEJ yang telah memberikan ilmu, mendidik, dan membimbing dengan penuh kesabaran;
4. Almamater Tercinta Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTO

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



*Aldus Huxley.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sella August Putri

NIM : 121810301040

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: “*Optimalisasi Adsorpsi Hemiselulosa Terhadap Zat Warna Rhodamin B Pada Sistem Dinamis*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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


Jember, 2017

Yang menyatakan,

Sella August Putri
NIM 121810301040

SKRIPSI

**OPTIMALISASI ADSORPSI HEMISELULOSA TERHADAP
ZAT WARNA RHODAMIN B PADA SISTEM DINAMIS**



Oleh
Sella August Putri
NIM 121810301040

Pembimbing

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

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Optimalisasi Adsorpsi Hemiselulosa Terhadap Zat Warna Rhodamin B Pada Sistem Dinamis” karya Sella August Putri telah diuji dan disahkan pada :

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Anggota I,

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

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

Anggota II,

Anggota III,

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

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

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Drs. Sujito, Ph.D.
NIP. 196102041987111001

RINGKASAN

Optimalisasi Adsorpsi Hemiselulosa Terhadap Zat Warna Rhodamin B Pada Sistem Dinamis; Sella August Putri, 121810301040; 2017: 51 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Rhodamin B merupakan salah satu zat warna sintetis yang banyak digunakan sebagai pewarna oleh industri tekstil. Limbah Rhodamin B bersifat *non-biodegradable* sehingga sulit terurai oleh proses biologi di lingkungan. Hemiselulosa merupakan senyawa aktif murni yang terdapat di dalam komponen kayu. Hemiselulosa dapat digunakan sebagai adsorben. Hemiselulosa dapat diperoleh dari kayu pada bagian batang, buah, dan akar. Adsorpsi zat warna Rhodamin B oleh adsorben hemiselulosa belum banyak diteliti sehingga dilakukan penelitian optimalisasi adsorpsi hemiselulosa terhadap zat warna Rhodamin B.

Analisis yang dilakukan meliputi adsorpsi Rhodamin B, penentuan massa adsorben hemiselulosa optimum, penentuan pH larutan Rhodamin B optimum, dan metode penentuan kapasitas adsorpsi menggunakan spektrofotometer *visible*. Hemiselulosa murni diperoleh dari tanaman *Aspergillus niger* yang diproduksi oleh *Sigma Aldrich*. Adsorpsi Rhodamin B dilakukan di dalam kolom yang telah diisi oleh adsorben hemiselulosa dan penentuan panjang gelombang maksimum Rhodamin B, massa adsorben hemiselulosa optimum, pH larutan influen optimum, dan kapasitas adsorpsi menggunakan spektrofotometer *visible*.

Hasil penelitian adsorpsi Rhodamin B oleh hemiselulosa menunjukkan bahwa Rhodamin B memiliki panjang gelombang maksimum sebesar 552 nm yang diperoleh dari pengukuran absorbansi menggunakan spektrofotometer *visible*. Adsorpsi Rhodamin B oleh hemiselulosa paling baik dimiliki oleh massa adsorben hemiselulosa sebesar 0,5 gram di mana pada massa adsorben tersebut memiliki volume efluen paling banyak sebesar 450 mL dan larutan influen mencapai pH optimum saat pH 7 dimana pada pH 7 memiliki volume efluen

paling banyak sebesar 450 mL. Kapasitas adsorpsi optimum diperoleh dengan pengukuran absorbansi larutan efluen pada adsorpsi menggunakan massa adsorben hemiselulosa optimum dan pH larutan influen optimum di mana kapasitas adsorpsi yang dihasilkan sebesar 0,047 mg/g. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa adsorben hemiselulosa dapat menyerap Rhodamin B sebanyak 0,047 mg tiap 1 gram hemiselulosa.



PRAKATA

Segala puji syukur dipanjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulisan skripsi yang berjudul “Optimalisasi Adsorpsi Hemiselulosa Terhadap Zat Warna Rhodamin B Pada Sistem Dinamis” dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan program sarjana strata satu (S1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

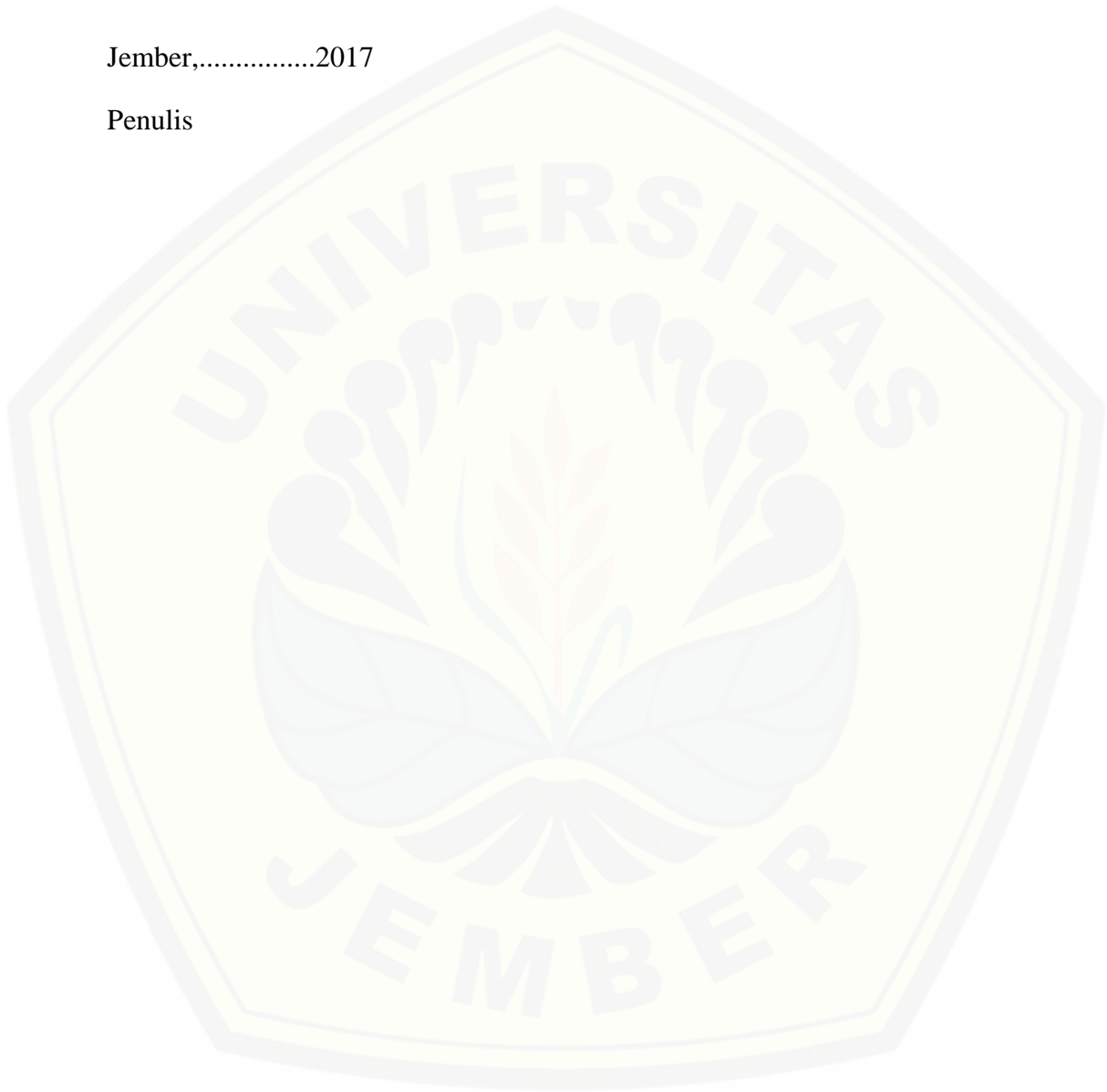
Penulisan skripsi ini banyak mendapatkan bantuan moril maupun materil dari berbagai pihak, sehingga ucapan terima kasih disampaikan dengan tulus kepada:

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. Asnawati, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dwi Indarti, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, kasih sayang serta doa dan membimbing dengan penuh kesabaran dalam penulisan skripsi ini;
4. Yeni Maulidah Muflihah, S.Si., M.Si selaku Dosen Penguji I dan Novita Andarini S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktunya guna menguji serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
5. Drs. Siswoyo S.Si, PhD., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama mejadi mahasiswa;
6. Bapak dan ibu dosen Jurusan Kimia FMIPA UNEJ yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan;
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu

Segala bentuk kritik dan saran yang bersifat membangun diharapkan dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat terhadap perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang kimia.

Jember,.....2017

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN SAMPUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
HALAMAN PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
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 Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Zat Warna	4
2.2 Rhodamin B	5
2.3 Lignoselulosa	6
2.4 Hemiselulosa	9
2.5 Adsorpsi	11
2.5.1 Jenis Adsorpsi	12
2.5.2 Parameter Adsorpsi	15
2.5.3 Adsorpsi Isoterm	16
2.5.4 Model Adsorpsi	17
2.6 Proses Adsorpsi Rhodamin B Oleh Hemiselulosa	20
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	21
3.2 Alat dan Bahan	21
3.2.1 Alat	21
3.2.2 Bahan	21
3.3 Diagram Alir Penelitian	22
3.4 Desain Kolom Kerja	23
3.5 Preparasi Bahan	23
3.5.1 Larutan Stok Rhodamin B 100 ppm	23

3.5.2 Larutan Standar Rhodamin B.....	23
3.5.3 Pembuatan Larutan Asam Oksalat 0,1 M	24
3.5.4 Pembuatan Larutan Standar NaOH 0,1 M.....	24
3.5.5 Pembuatan Larutan CH ₃ COOH 0,1 M.....	24
3.5.6 Pembuatan Larutan KH ₂ PO ₄ ·3H ₂ O 0,1 M.....	24
3.5.7 Pembuatan Larutan CH ₃ COONa 0,1 M.....	24
3.5.8 Pembuatan Larutan Buffer pH 4 Sampai 8.....	25
3.5.9 Larutan Sampael Rhodamin B 10 ppm pH 4 sampai 8.....	26
3.6 Pembuatan Kolom.....	26
3.7 Pembuatan Kurva Kalibrasi.....	26
3.8 Penentuan Kecepatan Alir 0,08 mL/menit.....	26
3.9 Optimasi Parameter Adsorpsi.....	27
3.9.1 Penentuan Massa Adsorben.....	27
3.9.2 PenentuanpH Larutan Influen Optimum.....	27
3.10 Penentuan Kapasitas Adsorpsi dari Adsorben.....	27
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Panjang Gelombang Maksimum.....	29
4.2 Kurva Kalibrasi Larutan Standar Rhodamin B	30
4.3 Adsorpsi Optimum	31
4.3.1 Massa Adsorben Optimum.....	31
4.3.2 pH Larutan Influen Optimum.....	37
4.4 Kapasitas Adsorpsi Optimum Adsorben Hemiselulosa	42
BAB 5. PENUTUP.....	45
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	52

DAFTAR TABEL

	Halaman
4.1 Data Absorbansi Larutan Standar Rhodamin B untuk Optimasi	
Massa Adsorben.....	61
4.2 Data Penentuan Kapasitas Adsorpsi Hemiselulosa dengan Variasi	
Massa Adsorben.....	62
4.2.1 Massa Adsorben 0,1 g.....	62
4.2.2 Massa Adsorben 0,2 g.....	65
4.2.3 Massa Adsorben 0,3 g.....	68
4.2.4 Massa Adsorben 0,4 g.....	71
4.2.5 Massa Adsorben 0,5 g.....	74
4.3 Data Absorbansi Larutan Standar Rhodamin B untuk Optimasi	
pH Larutan Influen.....	77
4.4 Data Penentuan Kapasitas Adsorpsi Hemiselulosa dengan Variasi	
pH Larutan Influen.....	78
4.4.1 Larutan Influen pH 4.....	78
4.4.2 Larutan Influen pH 5.....	81
4.4.3 Larutan Influen pH 6.....	84
4.4.4 Larutan Influen pH 7.....	87
4.4.5 Larutan Influen pH 8.....	90
4.5 Data Absorbansi Larutan Standar Rhodamin B untuk	
Kapasitas Adsorpsi.....	93
4.6 Data Penentuan Kapasitas Adsorpsi Hemiselulosa.....	94

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Struktur Rhodamin B	6
2.2 Lignoselulosa pada tumbuhan.....	7
2.3 Struktur Selulosa	8
2.4 Struktur Lignin.....	9
2.5 Struktur Hemiselulosa.....	11
2.6 Distribusi adsorbat pada kolom dan kurva breakthrough.....	13
2.7 Kurva breakthrough model Thomas.....	18
2.8 Proses penyerapan Rhodamin B oleh hemiselulosa.....	20
3.1 Skema alat eksperimen.....	23
4.1 Grafik scanning panjang gelombang.....	29
4.2 Kurva Kalibrasi larutan standar Rhodamin B.....	30
4.3 Grafik volume efluen dengan nilai konsentrasi Rhodamin B 0,1g, 0,2 g, 0,3 g, 0,4 g, dan 0,5g.....	31
4.4 Kurva breakthrough pada optimasi massa adsorben hemiselulosa.....	33
4.5 Grafik volume efluen (V_{eff}) vs $\ln[(C_o/C_e)-1]$ dengan massa adsorben 0,1 g, 0,2 g, 0,3 g, 0,4 g, dan 0,5 g.....	34
4.6 Grafik hubungan kapasitas adsorpsi dengan massa adsorben.....	36
4.7 Massa adsorben hemiselulosa 0,6 gram.....	36
4.8 Grafik hubungan antara volume efluen dengan konsentrasi efluen pada variasi pH.....	37
4.9 Kurva breakthrough variasi larutan influen pH 4, 5, 6, 7, dan 8.....	38
4.10 Grafik hubungan antara volume efluen versus $\ln[(C_o/C_e)-1]$ dengan variasi pH 4, 5, 6, 7, dan 8.....	39
4.11 Grafik hubungan kapasitas adsorpsi dengan pH influen.....	40
4.12 Peristiwa penyerapan Rhodamin B pada keadaan asam oleh hemiselulosa.....	41
4.13 Peristiwa penyerapan Rhodamin B pada keadaan basa oleh hemiselulosa.....	41

4.14	Grafik volume efluen dengan nilai konsentrasi Rhodamin B 0,5 gram.....	42
4.15	Kurva <i>breakthrough</i> dengan massa adsorben 0,5 gram dan pH larutan influen 7.....	42
4.16	Grafik hubungan antara volume efluen versus $\ln[(C_0/C_e)-1]$	43



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
3.1 Pembuatan Larutan.....	52
3.1.1 Larutan Induk Rhodamin B 100 ppm.....	52
3.1.2 Larutan Standar Rhodamin B 10 ppm dibuat dari larutan induk Rhodamin B 100 ppm.....	52
3.1.3 Larutan Asam Oksalat 0,1 M	52
3.1.4 Larutan NaOH 0,1 M.....	53
3.1.5 Larutan CH ₃ COOH 0,1 M dari CH ₃ COOH 99,7%.....	53
3.1.6 Larutan KH ₂ PO ₄ 0,1 M.....	54
3.1.7 Larutan CH ₃ COONa 0,1 M.....	54
3.1.8 Larutan Standar Rhodamin B 1 ppm, 1,5 ppm, 2 ppm, 2,5 ppm, dan 3 ppm dibuat dari larutan standar Rhodamin B 10 ppm untuk penentuan kurva kalibrasi.....	55
3.1.9 Pembuatan Larutan Buffer	56
4.7 Data dan Kurva Kalibrasi Larutan Standar Rhodamin B untuk Optimasi Massa Adsorben.....	61
4.8 Data Penentuan Kapasitas Adsorpsi Hemiselulosa dengan Variasi Massa Adsorben.....	62
4.9 Data dan Kurva Kalibrasi Larutan Standar Rhodamin B untuk Optimasi pH Larutan Influen.....	77
4.10 Data Penentuan Kapasitas Adsorpsi Hemiselulosa dengan Variasi pH Larutan Influen.....	78
4.11 Data dan Kurva Kalibrasi Larutan Standar Rhodamin B untuk Kapasitas Adsorpsi.....	93
4.12 Data Penentuan Kapasitas Adsorpsi Hemiselulosa.....	94

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah zat warna sintesis umumnya adalah senyawa organik *non-biodegradable*. Zat warna sintetis yang biasanya digunakan oleh industri tekstil adalah Rhodamin B (Nurmasari *et al*, 2014). Banyak metode yang digunakan untuk menanggulangi limbah tekstil ini salah satunya adalah adsorpsi. Metode adsorpsi sering digunakan karena metode ini cukup mudah dan tidak membutuhkan biaya yang mahal (Sakti, 2005). Beberapa penelitian biasanya menggunakan bahan alam sebagai adsorben seperti bonggol jagung (Munawaroh, 2012), humin (Nurmasari, 2014), serta serabut kelapa dan ampas tebu (Widjanarko, 2006).

Senyawa aktif yang terkandung di dalam bahan alam yaitu selulosa, lignin, dan hemiselulosa. Kandungan senyawa aktif yang dimiliki oleh bahan alam adalah selulosa mayoritas 40%, lignin kurang dari 34%, dan hemiselulosa sekitar 23% (Batubara, 2002). Penelitian dengan menggunakan masing-masing senyawa aktif masih belum dilakukan sehingga dilakukan penelitian dengan menggunakan senyawa aktif murni sebagai adsorben.

Senyawa aktif yang akan diteliti adalah senyawa aktif murni yang bukan dari bahan alam sehingga nantinya dapat diketahui kapasitas senyawa aktif murni dalam mengadsorp zat warna. Kapasitas senyawa aktif yang akan diteliti adalah hemiselulosa. Pemilihan adsorben hemiselulosa murni ini dikarenakan adsorben ini memiliki gugus OH^- yang mampu berinteraksi dengan gugus aktif pada zat warna Rhodamin B. Penelitian secara spesifik pada senyawa aktif hemiselulosa ini berfungsi agar dapat mengetahui daya adsorpsi optimum senyawa aktif hemiselulosa dalam proses adsorpsi zat warna Rhodamin B. Pemanfaatan adsorben hemiselulosa ini diharapkan sebagai salah satu solusi agar pencemaran limbah berkurang.

Ada dua macam sistem pada proses adsorpsi yaitu sistem statis (batch) dan sistem dinamis (kontinyu/kolom). Proses adsorpsi pada sistem statis/batch adalah proses adsorpsi di mana adsorben dicampurkan dengan larutan dengan

jumlah yang tetap dan perubahan kualitasnya diamati dalam selang waktu tertentu (Ruthven, 1984). Proses adsorpsi pada sistem dinamis (kontinyu/kolom) adalah proses adsorpsi di mana adsorben selalu dikontakkan dengan larutan segar dan dapat memberikan adsorpsi secara optimal sampai kondisi jenuh (Aksu, 2003). Kelebihan dari sistem dinamis yaitu sistem ini lebih berlaku untuk proses pengolahan limbah industri yang lebih nyata dan industri dalam skala besar sehingga sistem ini dapat diaplikasikan pada industri tersebut dengan diintegrasikan pada sistem alir (Meneghetti *et al*, 2010).

Beberapa parameter khusus yang memengaruhi proses adsorpsi yaitu berat molekul adsorben, struktur molekul, pH larutan efluen, luas permukaan adsorben, temperatur proses, jumlah adsorben, dan waktu kontak proses (Bath *et al*, 2012 dan Zheng *et al*, 2010). Kapasitas adsorpsi pada sistem dinamis dipengaruhi oleh laju alir influen (Meneghetti *et al*, 2010), waktu kontak (Wahyuni, 2013), konsentrasi efluen, dan volume efluen (Nwabanne dan Igbokwe, 2012). Parameter adsorpsi yang digunakan pada penelitian ini yaitu massa adsorben hemiselulosa dan pH larutan influen.

Peningkatan massa adsorben yang digunakan akan membuat adsorpsi semakin besar di mana semakin banyak massa adsorben diberikan maka peluang interaksi larutan influen dengan adsorben akan semakin banyak karena adsorben akan memiliki lebih banyak sisi aktif yang dapat mengikat adsorbat sehingga kapasitas adsorpsi akan semakin besar. Peningkatan pH larutan influen akan membuat adsorpsi semakin kecil di mana semakin besar pH larutan influen maka kandungan ion OH^- semakin banyak sehingga adsorben sulit berikatan dengan larutan influen yang menyebabkan kapasitas adsorpsi menurun (Puspitasari, 2013). Berdasarkan pemaparan mengenai adsorpsi, adsorben hemiselulosa, dan sistem dinamis di atas maka dilakukan penelitian tentang optimalisasi adsorpsi hemiselulosa terhadap zat warna Rhodamin b pada sistem dinamis.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah berdasarkan latar belakang di atas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi massa adsorben hemiselulosa terhadap adsorpsi Rhodamin B?
2. Bagaimana pengaruh variasi pH larutan influen terhadap adsorpsi Rhodamin B?
3. Berapa kapasitas adsorpsi optimum zat warna Rhodamin B yang dihasilkan dari massa dan pH optimum adsorben hemiselulosa?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Adsorben yang digunakan adalah hemiselulosa 0,3-3,0 unit/mg dari *Sigma Aldrich*.
2. Ukuran diameter kolom yang digunakan sebesar 0,8 cm.
3. Temperatur yang digunakan adalah temperatur ruang.
4. Kecepatan alir yang digunakan dalam kolom kerja adalah 0,08 mL/menit.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi massa adsorben hemiselulosa terhadap adsorpsi Rhodamin B.
2. Mengetahui pengaruh variasi pH larutan influen terhadap adsorpsi Rhodamin B.
3. Mengetahui kapasitas adsorpsi optimum zat warna Rhodamin B yang dihasilkan dari massa dan pH optimum adsorben hemiselulosa.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi bahwa hemiselulosa dapat digunakan untuk mengadsorpsi zat warna Rhodamin B.
2. Dapat memberikan informasi mengenai pH optimum zat warna yang dapat teradsorpsi dan adsorpsi optimum zat warna Rhodamin B.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Zat Warna

Warna merupakan hal yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Warna tidak hanya berfungsi untuk merubah atau menambah sesuatu menjadi indah dan menarik namun juga akan memengaruhi panca indra dan kejiwaan manusia. Karakter seseorang juga dapat diketahui dari warnanya karena banyak orang yang emosinya dipengaruhi oleh warna sekelilingnya. Seseorang dalam memilih tekstil akan dipengaruhi oleh warna tekstil tersebut. Konsumen tekstil akan menginginkan agar warna dari bahan tekstil tetap tahan lama selama dipakai. Warna dari bahan tekstil umumnya ada yang dapat hilang atau luntur karena pencucian, penggosokan, keringat, sinar matahari, dan migrasi (Goat, 2005).

Zat warna merupakan senyawa organik berwarna yang digunakan untuk memberi warna pada suatu objek (Fessenden Fessenden, 1999). Zat warna terdiri dari dua macam, yaitu zat warna alami dan zat warna buatan. Zat warna alami mengandung pigmen yang berasal dari tumbuhan (Nollet, 2004). Zat warna alami untuk bahan tekstil pada umumnya diperoleh dari hasil ekstrak tumbuhan seperti akar, kayu, daun, biji dan bunga. Beberapa zat warna alami diantaranya adalah daun pohon nila (*Indofera*), kunyit (*Curcuma*), akar mengkudu (*Morinda citrifelia*), dan daun jambu biji (*Psidium guajava*) (Susanto, 1973). Kelebihan zat warna alami yaitu pewarna yang ramah bagi lingkungan maupun kesehatan karena kandungan komponen alaminya mempunyai nilai beban pencemaran yang relatif rendah, mudah terdegradasi secara biologis dan tidak beracun (Atmaja, 2011).

Zat warna alami memiliki kekurangan yaitu warnanya yang kurang menarik, tidak menguntungkan, dan tidak stabil selama proses dan penyimpanan. Kestabilan zat warna alami tergantung pada beberapa faktor antara lain cahaya, oksigen, logam berat, oksidasi, temperatur, keadaan air, dan pH. Keunggulan zat warna sintetik antara lain lebih murah, lebih mudah untuk digunakan, lebih

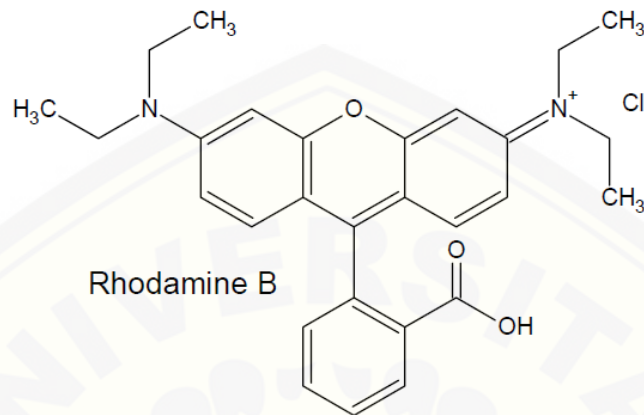
stabil, lebih tahan terhadap berbagai kondisi lingkungan, daya mewarnainya lebih kuat, dan memiliki rentang warna yang lebih luas (Nollet, 2004). Penggunaan zat pewarna sintetis dapat berbahaya bagi manusia karena dapat menyebabkan kanker kulit, kanker mulut, kerusakan otak dan lain-lain. Selain itu, dapat menimbulkan dampak bagi lingkungan seperti pencemaran air dan tanah yang juga berdampak secara tidak langsung bagi kesehatan manusia karena di dalamnya terkandung polutan (Sugiyana, 2003). Polutan tersebut pada akhirnya akan terbuang dalam perairan umum dan mencemari lingkungan, khususnya lingkungan perairan (Wagner, 2003).

2.2 Rhodamin B

Rhodamin B memiliki rumus kimia $C_{28}H_{31}N_2O_3Cl$. Senyawa ini merupakan zat warna sintetis berbentuk serbuk kristal berwarna kehijauan, dalam bentuk terlarut pada konsentrasi tinggi berwarna merah keunguan, dan pada konsentrasi rendah berwarna merah terang. Rhodamin B termasuk pewarna golongan *xanthene* basa. Senyawa ini sangat larut dalam air dan alkohol serta sedikit larut dalam asam klorida dan natrium hidroksida. Rhodamin B sering digunakan sebagai zat pewarna untuk kertas, pewarna untuk tekstil, dan sebagai reagensia (Hastomo, 2008).

Rhodamin B merupakan zat warna sintetis yang berbahaya. Kelarutan Rhodamin B pada air adalah ~ 50 g/L dan kelarutan dalam asam asetat adalah ~ 400 g/L. Rhodamin B cenderung menyerap plastik sehingga harus disimpan di wadah gelas (Prajaja, 2015). Zat warna Rhodamin B mengandung gugus amino yang bersifat basa dan inti benzena sehingga Rhodamin B sulit terdegradasi oleh mikroorganisme secara alami (Setiyanto, 2015). Rhodamin B dalam air akan terionisasi dalam bentuk kation dan memiliki kelarutan yang kecil di dalam air. Gaya tarik molekul-molekul Rhodamin B dengan air lebih lemah sedangkan gaya tarik molekul Rhodamin B dengan biosorben lebih kuat yang menyebabkan senyawa ini lebih mudah diadsorpsi oleh biosorben. Rhodamin B juga memiliki gugus $-COOH$ dan $N(C_2H_5)_2$ yang bersifat asam sehingga dengan adanya gugus-gugus ini akan menyebabkan terjadinya adsorpsi kimia dengan biosorben. Gugus

fungsional pada Rhodamin B akan menyebabkan terjadinya interaksi kimia dengan biosorben (Widjanarko dkk, 2006). Struktur Rhodamin B dapat dilihat pada gambar 2.1 (Ariani, 2004).



Gambar 2.1 Struktur Rhodamin B

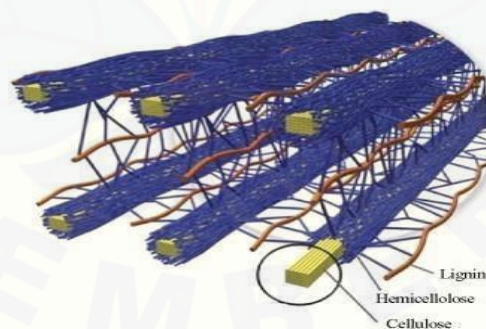
Senyawa ini sampai sekarang masih banyak digunakan untuk mewarnai berbagai jenis makanan dan minuman (terutama untuk golongan ekonomi lemah), seperti kue-kue basah, saus, sirup, kerupuk atau tahu, dan sebagainya. Pewarna ini berpendar sehingga dapat dideteksi dengan mudah dan murah menggunakan instrumen fluorometers. Pewarna Rhodamin B digunakan secara ekstensif dalam aplikasi bioteknologi seperti mikroskop fluoresensi, fluoresensi spektroskopi korelasi, dan ELISA. Rhodamin B digunakan dalam bidang biologi sebagai perwarnaan zat warna neon dan terkadang dikombinasikan dengan Auramin sebagai Auramin Rhodamin noda untuk menunjukkan asam cepat organisme terutama Mycobacterium. Gejala apabila terpapar Rhodamin B yaitu dapat menimbulkan iritasi pada saluran pernapasan apabila terhirup, dapat menimbulkan iritasi pada kulit apabila terkena kulit dan mata, serta dapat menimbulkan gejala keracunan dan air seni berwarna merah atau merah muda apabila tertelan (Praja, 2015).

2.3 Lignoselulosa

Bahan lignoselulosa merupakan biomassa yang berasal dari tanaman dengan komponen utama lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Bahan lignoselulosa

begitu melimpah, terutama sebagai limbah pertanian, perkebunan, dan kehutanan yang menjadikan bahan ini berpotensi sebagai salah satu sumber energi melalui proses konversi, baik proses fisika, kimia maupun biologis. Komponen utama dalam bahan lignoselulosa adalah selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Ketiganya membentuk suatu ikatan kimia yang kompleks yang menjadi bahan dasar dinding sel tumbuhan (Hermiati, 2010).

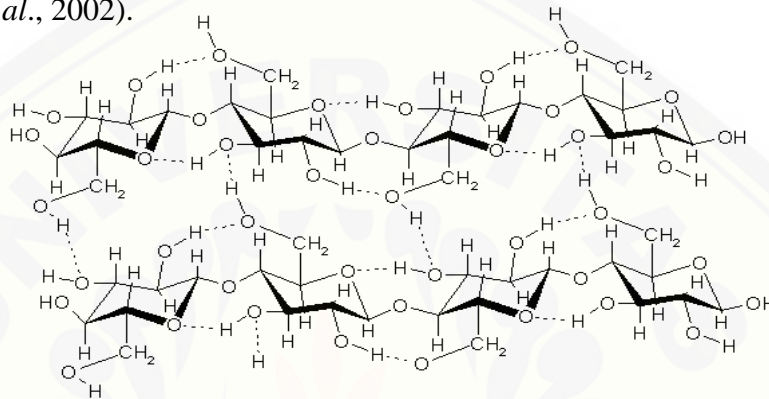
Lignoselulosa memiliki kandungan utama tiga macam polimer yang berbeda yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Tiga polimer ini saling berikatan dan membentuk satu kesatuan yang utuh. Besarnya kandungan masing-masing komponen bergantung pada jenis biomassa, umur, dan kondisi lingkungan tempat biomassa tersebut tumbuh dan berkembang (Oktavia et al, 2011). Ketiga kandungan dari lignoselulosa 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. Struktur Lignoselulosa pada tumbuhan dapat dilihat pada gambar 2.2 (Perez *et al.*, 2002).



Gambar 2.2 Lignoselulosa pada tumbuhan

Selulosa ($C_6H_{10}O_5$)_n merupakan komponen utama lignoselulosa berupa mikrofibril-mikrofibril homopolisakarida yang terdiri dari unit-unit β -D-glukopiranososa yang terhubung melalui ikatan glikosidik (1,4) (Oktavia et al, 2011). Serat selulosa merupakan polimer glukosa yang memiliki ikatan β -1,4 glikosida yang terhubung secara bersama melalui ikatan hidrogen. Konfigurasi β

iniilah yang membuat selulosa bersifat keras, sukar larut dalam air, dan tidak manis. Ikatan β -1,4 glikosida pada serat selulosa dapat dipecah menjadi monomer glukosa dengan cara hidrolisis enzimatis. Ikatan glikosida yang dimiliki monomer glukosa dalam selulosa membuat struktur selulosa linier dan teratur. Keteraturan struktur tersebut menimbulkan ikatan hidrogen secara intra dan intermolekuler (Handoko, 2012). Struktur selulosa dapat dilihat pada gambar 2.3 (Perez *et al.*, 2002).

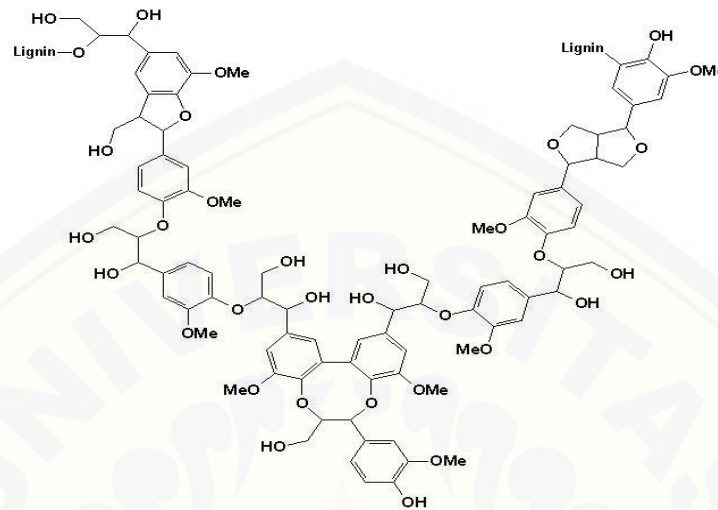


Gambar 2.3 Struktur selulosa

Sumber karbohidrat lain yang terkandung dalam bahan lignoselulosa adalah hemiselulosa atau yang dikenal juga dengan poliosa, karena terdiri atas berbagai macam gula monomer, yaitu pentose (ksilosa, rhamnosa, dan arabinosa); heksosa (glukosa, manosa, dan galaktosa); dan asam uronik (4-O-metilglukoronik, D-glukoronik, dan D-galaktoronik). Hemiselulosa mempunyai rantai polimer yang pendek dan tak berbentuk, sehingga sebagian besar dapat larut dalam air. Oleh karena itu, hemiselulosa relatif mudah dihidrolisis oleh asam menjadi monomer-monomernya (Ibrahim, 1998).

Lignin merupakan polimer dari unit-unit fenilpropana. Banyak aspek kimia lignin yang masih belum jelas, misalnya ciri-ciri struktur spesifik lignin yang terdapat dalam berbagai daerah morfologi dari xilem kayu (Sastrohamidjojo, 1995). Lignin dapat dinyatakan dengan rumus $C_9H_{7,16}O_{2,44}(OCH_3)_{1,36}$ per unit fenilpropana (Fengel dan Wegener, 1984). Struktur molekul lignin sangat berbeda bila dibandingkan polisakarida karena terdiri atas sistem aromatik yang tersusun atas unit-unit fenilpropana: unit *guaiacyl* (G) dari prekursor trans-koniferil alkohol, unit *syringyl* (S) dari prekursor

trans-sinapil alkohol, dan p-hidroksifenil (H) dari prekursor trans-p-koumaril alkohol (Palonen, 2004). Struktur lignin dapat dilihat pada gambar 2.4 (Sixta, 2006).



Gambar 2.4 Struktur lignin

Lignin merupakan komponen makromolekul kayu ketiga yang berikatan secara kovalen dengan selulosa dan hemiselulosa. Struktur molekul lignin terdiri atas sistem aromatik yang tersusun atas unit-unit fenil propana. Terdapat dua macam lignin menurut unsur-unsur strukturnya yaitu lignin guaiasil (terdapat pada kayu lunak sebagian besar merupakan produk polimerisasi dari koniferil alkohol), dan lignin guaiasil-siringil (khas kayu keras merupakan kopolimer dari koniferil alkohol dan sinapil alkohol). Lignin umumnya tidak larut dalam pelarut sederhana, namun lignin alkali dan lignin sulfonat larut dalam air, alkali encer, larutan garam dan buffer. Lignin larut dalam pelarut organik didasarkan pada perbedaan kelarutan komponen kimia bahan baku pulp, dimana lignin dan ekstrakstif larut dalam pelarut organik, karbohidrat dengan bobot molekul rendah dapat larut dalam air sedangkan selulosa tidak larut dalam kedua larutan tersebut (Simatupang, 2012).

2.4 Hemiselulosa

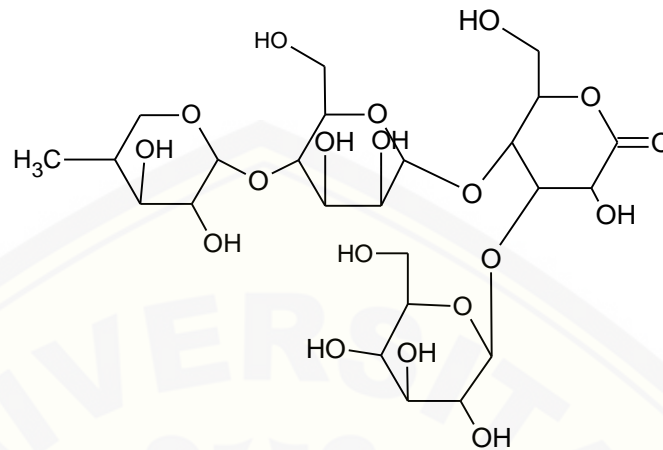
Hemiselulosa merupakan senyawa antara dalam biosintesis selulosa. Hemiselulosa saat ini diketahui termasuk dalam kelompok polisakarida heterogen

yang dibentuk melalui jalan biosintesis yang berbeda dari selulosa. Berbeda dengan selulosa yang merupakan homopolisakarida, hemiselulosa merupakan heteropolisakarida. Hemiselulosa kebanyakan berfungsi sebagai bahan pendukung dalam dinding-dinding sel. Hemiselulosa relatif mudah dihidrolisis oleh asam menjadi komponen-komponen monomernya yang terdiri dari D-glukosa, D-manosa, D-galaktosa, D-xilosa, L-arabinosa, dan sejumlah kecil L-ramnosa di samping menjadi asam D-glukuronat, asam 4-O-metil-D-glukuronat, dan asam D-galakturonat. Kebanyakan hemiselulosa mempunyai derajat polimerisasi hanya 200. Sejumlah polisakarida kayu banyak bercabang dan mudah larut dalam air. Jumlah hemiselulosa dari berat kering kayu biasanya antara 20% dan 30%. Komposisi dan struktur hemiselulosa dalam kayu lunak secara khas berbeda dari yang ada dalam kayu keras. Perbedaan-perbedaan yang besar juga terdapat dalam kandungan dan komposisi hemiselulosa antara batang, cabang-cabang, akar, dan kulit kayu (Sastrohamidjojo, 1995).

Hemiselulosa merupakan istilah umum bagi polisakarida yang larut dalam alkali. Hemiselulosa sangat dekat asosiasinya dengan selulosa dalam dinding sel tanaman. Lima gula netral, yaitu glukosa, manosa, dan galaktosa (heksosan) serta xilosa dan arabinosa (pentosan) merupakan konstituen utama hemiselulosa. Selulosa merupakan homopolisakarida dengan monomer glukosa dan derajat polimerisasi yang tinggi yaitu 10.000– 14.000 unit sedangkan rantai utama hemiselulosa hanya terdiri atas satu jenis monomer (homopolimer), seperti xilan, atau terdiri atas dua jenis atau lebih dari satu jenis monomer (heteropolimer), seperti glukomannan. Rantai molekul hemiselulosa pun lebih pendek daripada selulosa (Fengel dan Wegener 1984).

Hemiselulosa merupakan kelompok polisakarida heterogen dengan berat molekul rendah. Jumlah hemiselulosa biasanya antara 15 dan 30 persen dari berat kering bahan lignoselulosa (Taherzadeh, 1999). Hemiselulosa adalah polimer heterogen pentosa (xilosa, arabinosa), heksosa (mannose, glukosa, galaktosa) dan asam gula. Tidak seperti selulosa, hemiselulosa tidak homogen kimia. Kayu yang mengandung hemiselulosa sebagian besar berisi xilan, sedangkan hemiselulosa

pada kayu lunak berisi sebagian besar glukomanan (Saha, 2003). Struktur hemiselulosa dapat dilihat pada gambar 2.5 (Fangel dan Wegener, 1995).



Gambar 2.5 Struktur hemiselulosa

2.5 Adsorpsi

Adsorpsi adalah peristiwa penyerapan suatu zat pada permukaan zat lain. Metode ini merupakan metode alternatif yang tidak memerlukan pre-treatment dan biaya yang relatif rendah, sehingga banyak peneliti yang mencari bahan yang lebih murah dan berlimpah. Sistem adsorpsi merupakan suatu sistem yang memanfaatkan kemampuan zat padat untuk menyerap suatu zat dan penyerapan tersebut hanya berlangsung pada permukaannya saja. Zat yang menyerap disebut adsorben sedangkan ion, atom atau molekul yang diserap disebut adsorbat (Nurmasari, 2014). Adsorpsi dapat terjadi karena adanya energi permukaan dan gaya tarik-menarik permukaan. Sifat dari masing-masing permukaan berbeda, tergantung pada susunan dalam molekul-molekul zat. Setiap molekul dalam interior dikelilingi oleh molekul-molekul lainnya, sehingga gaya tarik menarik antar molekul akan sama besar, setimbang ke segala bagian, dan untuk molekul dipermukaan hanya mempunyai gaya tarik kearah dalam (Asip, 2008).

Adsorpsi adalah proses akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan oleh gaya tarik antar molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Interaksi yang terjadi pada molekul adsorbat dengan permukaan kemungkinan diikuti lebih dari satu interaksi, tergantung pada struktur kimia masing-masing komponen. Proses adsorpsi lebih banyak digunakan dalam

industri karena mempunyai beberapa keuntungan yaitu tidak menimbulkan efek samping yang beracun dan mampu menghilangkan bahan-bahan organik. Kebanyakan proses adsorpsi menggunakan adsorben konvensional yaitu alumina, karbon aktif, silika gel, dan zeolit. Adsorben konvensional ini memerlukan biaya operasional dan regenerasi yang relatif lebih mahal (Hendrawati, 2010). Adsorpsi merupakan proses fisika atau kimia dimana suatu zat terlarut dalam suatu larutan menempel, terikat atau terserap, dan terakumulasi pada permukaan. Adsorpsi dilakukan dengan penambahan adsorben, karbon aktif, dan sejenisnya (Nurfitriyani, 2013).

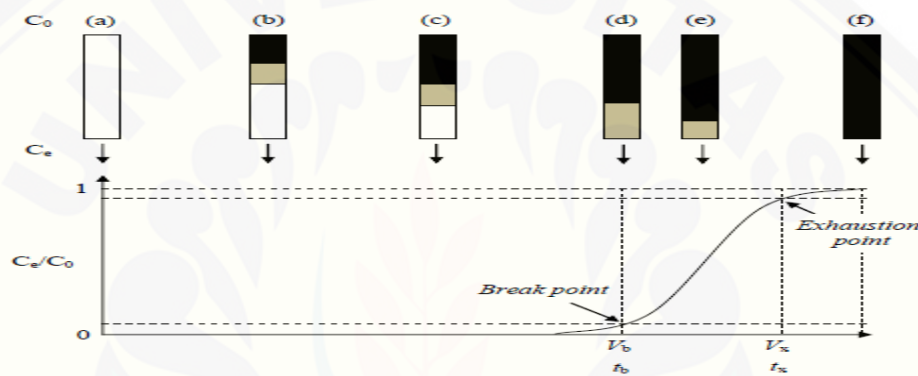
2.5.1 Jenis Adsorpsi

Terdapat dua interaksi dalam proses adsorpsi ketika suatu zat tertahan pada suatu permukaan yaitu interaksi kimia (kemisorpsi) dan interaksi fisika (fisorpsi). Kemisorpsi melibatkan pembentukan ikatan kimia antara adsorbat dengan adsorben. Fisorpsi hanya melibatkan interaksi yang lebih lemah misalkan polarisasi adsorbat dengan adsorben. Proses adsorpsi secara eksperimen yang berada dalam larutan relatif lebih sederhana jika dibandingkan adsorpsi pada fase gas. Menurut teorinya, adsorpsi yang berada dalam larutan bersifat kompleks atau rumit karena terjadi kompetisi antara zat pelarut dan zat terlarut (sebagai adsorbat) untuk berinteraksi dengan padatan adsorben pada zat yang berada dalam larutan saat proses adsorpsi (Sulastri, 2015).

Adsorpsi terdiri dari dua macam sistem yaitu sistem batch dan sistem dinamis (kontinyu/kolom). Adsorpsi pada sistem batch akan memberikan gambaran kemampuan dari adsorben dengan cara mencampurkannya dengan larutan yang tetap jumlahnya dan mengamati perubahan kualitasnya pada selang waktu tertentu. Adsorpsi pada sistem dinamis (kontinyu/kolom) jauh lebih baik diterapkan di lapangan karena sistem operasinya yang selalu mengontakkan adsorben dengan larutan segar sehingga adsorben dapat mengadsorpsi dengan optimal sampai kondisi jenuhnya. Adsorbat adalah substansi yang terjerap atau substansi yang akan dipisahkan dari pelarutnya. Adsorben merupakan suatu

media penyerap dan umumnya adsorben yang banyak digunakan adalah karbon (Nurfitriyani, 2013).

Adsorpsi pada sistem dinamis menggunakan kolom (*fixed bed column*) sebagai perantara antara adsorbat dengan adsorben. Kolom (*fixed bed column*) ini memiliki dua model aliran yaitu *down flow* dan *up flow*. *Down flow* adalah aliran larutan influen dari arah atas ke bagian bawah kolom sedangkan *up flow* adalah aliran larutan influen dari arah bawah ke bagian atas kolom (Li, 2008). Ilustrasi distribusi adsorbat di dalam kolom dapat dilihat pada gambar 2.6 (Hatzikioseyan *et al.*, 1996).



Gambar 2.6 Distribusi adsorbat pada kolom dan kurva *breakthrough*

Kurva *breakthrough* adalah kurva yang digunakan untuk menggambarkan proses pengoperasian kolom dan untuk menentukan waktu optimum dan volume efluen optimum pada sistem dinamis sampai adsorpsi mencapai *break point* dan *exhaustion point*. Kurva *breakthrough* adalah kurva yang menggambarkan hubungan antara konsentrasi efluen dan konsentrasi influen (C_e/C_0) dengan volume efluen (V_{eff}) atau per waktu keluarnya (t_{eff}) (Vassilis, 2010). *Break point* adalah titik di mana adsorben mulai mengadsorpsi adsorbat sehingga konsentrasi efluen mencapai 5% dari konsentrasi influen. *Exhaustion point* adalah titik dimana adsorben sudah mengadsorpsi semua adsorbat sehingga konsentrasi efluen 95% dari konsentrasi influen (Medvidovic *et al.*, 2006).

Kolom yang berwarna putih pada gambar 2.6 menunjukkan bahwa belum ada adsorpsi antara adsorben dengan adsorbat. Kolom yang berwarna abu-abu menunjukkan bahwa pada kolom ini adsorben sudah mulai menyerap adsorbat namun adsorben masih bisa menyerap adsorbat lagi disebut dengan zona adsorpsi.

Kolom yang berwarna hitam menunjukkan bahwa pada kolom ini adsorben sudah tidak mampu mengadsorpsi adsorbat lagi disebut dengan titik jenuh. Kolom d pada gambar 2.6 menunjukkan bahwa adsorpsi mulai mencapai dasar kolom di mana C_e/C_o memiliki nilai yang mendekati 5% dan sistem mencapai *breakthrough point*. Kolom e pada gambar 2.6 menunjukkan bahwa adsorpsi pada kolom ketika C_e/C_o mencapai 50% dan apabila adsorpsi diteruskan maka C_e/C_o akan mencapai nilai 95% sehingga sistem mencapai *exhaustion point*. Kolom f pada gambar 2.6 menunjukkan bahwa adsorben sudah tidak mampu menyerap adsorbat lagi karena kolom sudah jenuh dan nilai C_e/C_o mencapai 1 sehingga konsentrasi larutan influen sama dengan konsentrasi larutan efluen (Hatzikioseyan *et al.*, 1996).

Potensi kinerja adsorben dalam kolom dapat dilihat dari kapasitas adsorpsi adsorben yang dihasilkan. Kapasitas adsorpsi pada adsorpsi sistem dinamis dapat ditentukan menggunakan persamaan Thomas. Bentuk persamaan Thomas adalah

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

di mana C_e adalah konsentrasi efluen setelah melewati kolom adsorpsi (mg/L); C_o adalah konsentrasi efluen sebelum adsorpsi; KTh adalah konstanta laju Thomas (L/mg/menit); q_o adalah kapasitas adsorpsi (mg/g); Q adalah laju alir efluen (mL/menit), M adalah massa total adsorben (g); dan V_{eff} adalah volume efluen (mL) (Nwabanne dan Igbokwe, 2012).

Persamaan Thomas tersebut dirubah menjadi bentuk persamaan garis linier agar memudahkan dalam menentukan kapasitas adsorpsi adsorben. Bentuk persamaan Thomas menjadi

$$\ln\left(\frac{C_o}{C_e} - 1\right) = \frac{KTh q_o M}{Q} - \frac{KTh C_o}{Q} V_{eff} \quad (2)$$

di mana $\ln\left(\frac{C_o}{C_e} - 1\right)$ sebagai y , $\frac{KTh C_o}{Q} V_{eff}$ sebagai mX , dan $\frac{KTh q_o M}{Q}$ sebagai C sehingga kapasitas adsorpsi (q_o) Rhodamin B oleh adsorben hemiselulosa dapat diperoleh (Nwabanne dan Igbokwe, 2012).

2.5.2 Parameter Adsorpsi

Terdapat beberapa parameter yang mempengaruhi daya serap adsorpsi antara lain:

- Ukuran partikel adsorben

Daya serap adsorpsi dipengaruhi oleh ukuran partikel adsorben karena semakin kecil ukuran partikel adsorben yang digunakan maka proses adsorpsi akan semakin cepat. Adsorben harus dihaluskan terlebih dahulu untuk meningkatkan kecepatan adsorpsi (Bahl *et al*, 1997).

- Ukuran molekul adsorbat

Adsorben mampu menyerap adsorbat yang memiliki ukuran lebih kecil atau sama dengan diameter pori adsorben. Semakin kecil molekul adsorbat dari pori-pori adsorben maka adsorpsi akan semakin besar (Bahl *et al*, 1997).

- Luas permukaan adsorben

Luas permukaan adsorben sangat mempengaruhi daya serap adsorpsi karena besarnya adsorpsi berbanding lurus dengan luas permukaan spesifik. Semakin besar luas permukaan yang kontak dengan adsorbat maka adsorpsi yang terjadi juga akan semakin besar (Tangio, 2012).

- Struktur pori adsorben

Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan. Semakin kecil dan banyak pori-pori adsorben mengakibatkan luas permukaan adsorben akan semakin besar sehingga jumlah molekul adsorbat yang diserap oleh adsorben akan semakin besar (Bahl *et al*, 1997).

- Temperatur

Biasanya reaksi yang terjadi pada proses adsorpsi berlangsung dalam keadaan eksotermis (Tangio, 2012). Saat molekul-molekul gas atau adsorbat melekat pada permukaan adsorben maka akan terjadi pelepasan sejumlah energi yang disebut peristiwa eksotermis. Temperatur yang berkurang akan membuat jumlah adsorbat yang teradsorpsi semakin bertambah dan sebaliknya (Bahl *et al*, 1997).

- pH larutan

Semakin kecil pH larutan (asam) maka kecepatan adsorpsinya akan semakin bertambah (Nurmasari, 2014).

- Waktu kontak

Waktu kontak yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah adsorben yang digunakan. Semakin banyak adsorben yang digunakan maka waktu kontak akan lebih cepat sehingga jumlah zat yang teradsorpsi akan semakin banyak dan sebaliknya (Nurmasari *et al*, 2014).

- Sifat pelarut

Pelarut mempunyai pengaruh penting karena akan berkompetisi dengan adsorben dalam interaksinya terhadap adsorbat. Adsorpsi dari senyawa organik akan lebih rendah dari pada adsorpsi pada zat cair lain (Bahl *et al*, 1997).

2.5.3 Adsorpsi Isoterm

Terdapat dua model kesetimbangan adsorpsi yang digunakan dalam sistem *batch* yaitu isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich. Persamaan isoterm Freundlich adalah sebagai berikut (Nurmasari *et al*, 2014).

$$C_s = k \cdot C_L^{1/n} \quad (3)$$

di mana C_s merupakan konsentrasi zat terlarut yang diadsorpsi pada suatu fasa padat yang berkesetimbangan dengan suatu larutan, C_L merupakan konsentrasi zat terlarut, dan k dan n merupakan konstanta (Day dan Underwood, 2002). Isoterm Langmuir ini menggunakan pendekatan kinetika yaitu pada permukaan adsorben terdapat situs-situs aktif bersifat homogen yang proporsional dengan luas permukaan. Masing-masing situs aktif hanya dapat mengadsorpsi satu molekul adsorbat saja sehingga adsorpsi hanya akan terbatas pada pembentukan lapisan tunggal (*monolayer*) (Nurmasari *et al*, 2014).

Persamaan pada isoterm Langmuir adalah sebagai berikut:

$$q_e = \frac{q_m \cdot K_L \cdot C_e}{1 + K_L \cdot C_e} \quad (4)$$

di mana q_e merupakan jumlah adsorbat terserap atau berat adsorben pada kesetimbangan, q_m merupakan kapasitas penyerapan maksimum pada permukaan atau berat padatan, K_L merupakan konstanta kesetimbangan, C_e merupakan konsentrasi pada kesetimbangan (Amri, 2004). Model isoterm Freundlich ini menggunakan asumsi bahwa adsorpsi berjalan secara fisika (Nurmasari *et al*, 2014).

2.5.4 Model Adsorpsi

Adsorpsi juga dapat digunakan dalam sistem dinamis/kontinyu selain dengan menggunakan sistem dinamis. Adsorben akan selalu berkontak dengan adsorbat yang selalu mengalir pada sistem dinamis ini (Hadiwidodo, 2008). Kapasitas adsorpsi maksimum dari suatu adsorben sangat diperlukan dalam proses adsorpsi. Terdapat beberapa persamaan yang digunakan pada sistem dinamis antara lain:

- Model Yoon-Nelson

Persamaan model Yoon-Nelson adalah

$$\ln \frac{C}{C_f - C} = K_{YN} \cdot t - t_{1/2} \cdot K_{YN} \quad (5)$$

dimana K_{YN} adalah konstanta model Yoon-Nelson (mg/menit), C adalah konsentrasi awal adsorbat (mg/g), C_f adalah konsentrasi adsorbat setelah adsorpsi (mg/g), dan $t_{1/2}$ adalah waktu (menit). Model Yoon-Nelson merupakan model persamaan yang lebih sederhana dari model lainnya. Model ini tidak dapat menggambarkan karakter adsorbat dan adsorben serta proses adsorpsi. Model ini juga tidak dapat memprediksi adsorpsi jika diberi variasi kondisi (Zhexu, 2013).

- Model Wang

Model Wang mengembangkan model transfer massa untuk menggambarkan kurva breakthrough pada larutan yang mengandung ion. Persamaan model Wang adalah

$$-\frac{dy}{dt} = k_w \cdot xy \quad (6)$$

dimana k_w merupakan konstanta wang, x merupakan fraksi ion logam, dan y merupakan fraksi ion logam setelah melewati kolom. Persamaan ini dapat dikombinasikan menjadi

$$t = t_{1/2} - \frac{1}{k_w} \ln \left(\frac{1}{1-x} \right) \quad (7)$$

model ini juga tidak bisa digunakan untuk menggambarkan sistem adsorpsi (Zhexu, 2013).

- Model Clark

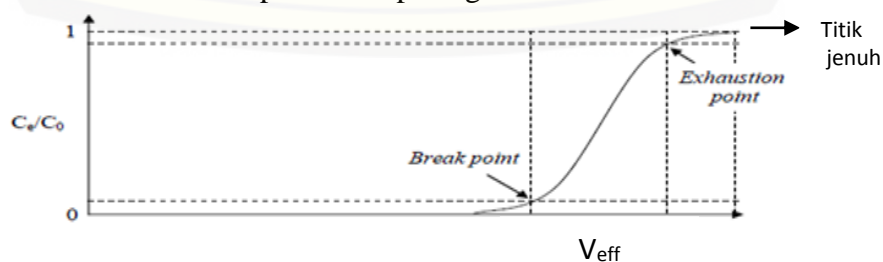
Clark mengembangkan model adsorpsi untuk memprediksi kinerja sistem adsorpsi senyawa organik. Model Clark disimpulkan berdasarkan persamaan dan asumsi bahwa bentuk zona transfer massa konstan dan semua adsorbat dikeluarkan pada akhir kolom. Persamaan model Clark adalah

$$\ln \left[\left(\frac{C_f}{C} \right)^{n-1} - 1 \right] = r't + \ln B \quad (8)$$

dimana C_f merupakan konsentrasi influen setelah teradsorpsi (mg/g), C merupakan konsentrasi influen konstan (mg/g), t merupakan waktu (menit), r merupakan konstanta Clark (mg/menit), dan B adalah kapasitas penyerapan (Zhexu, 2013).

- Model persamaan Thomas

Persamaan Thomas adalah salah satu persamaan yang digunakan dalam metode kolom (dinamis/kontinyu) (Han, 2009). Laju adsorpsi pada model Thomas dikendalikan oleh reaksi antara adsorbat dengan adsorben sehingga adsorbatnya teradsorpsi ke permukaan adsorben secara langsung. Model Thomas diterapkan untuk mengestimasi kapasitas adsorpsi adsorben dan menggambarkan proses adsorpsi dalam kurva *breakthrough* (Zhexu, 2013). Kurva breakthrough pada persamaan Thomas dapat dilihat pada gambar 2.7



Gambar 2.7 Kurva breakthrough model Thomas

Kurva breakthrough pada gambar 2.7 menggambarkan proses adsorpsi di mana adsorpsi mencapai *break point*, *exhaustion point*, dan titik jenuh. *Break point* adalah titik di mana adsorben mulai mengadsorpsi adsorbat sehingga konsentrasi efluen mencapai 5% dari konsentrasi influen. *Exhaustion point* adalah titik di mana adsorben sudah optimum dalam mengadsorpsi adsorbat sehingga konsentrasi efluen mencapai 95% dari konsentrasi influen. Titik jenuh adalah titik di mana adsorben sudah tidak mampu mengadsorpsi adsorbat sehingga konsentrasi efluen dan konsentrasi influen sama (Medvidovic *et al*, 2006).

Persamaan model Thomas yaitu

$$\frac{C_e}{C_o} = \frac{1}{1 + e^{\left[\frac{KTh}{Q}(q_o M - C_o V_{eff})\right]}} \quad (9)$$

C_e adalah konsentrasi efluen setelah melewati kolom adsorpsi (mg/L); C_o adalah konsentrasi efluen sebelum adsorpsi; KTh adalah konstanta laju Thomas (L/mg/menit); q_o adalah kapasitas adsorpsi (mg/g); Q adalah laju alir efluen (mL/menit), M adalah massa total adsorben (g); dan V_{eff} adalah volume efluen (mL) (Nwabanne dan Igbokwe, 2012).

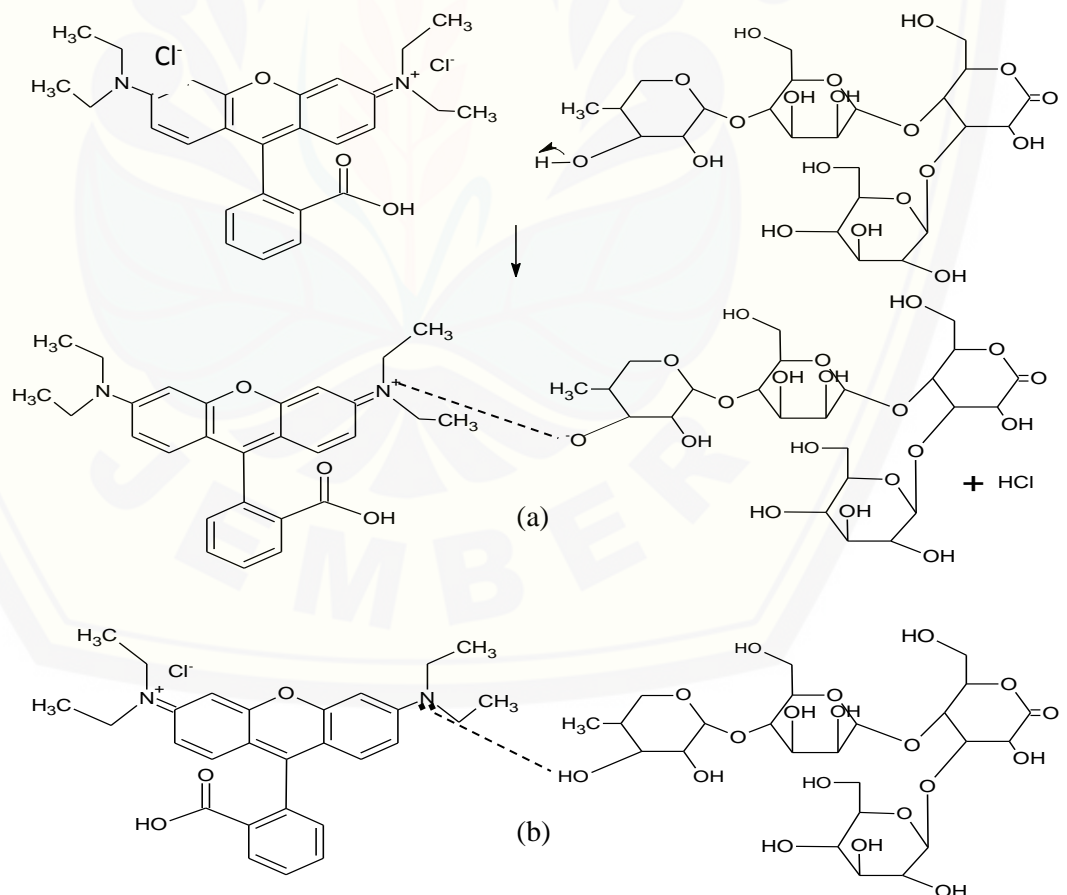
Persamaan Thomas diubah ke dalam bentuk persamaan linier sehingga mempermudah dalam penentuan kapasitas adsorpsi. Bentuk linear dari model Thomas adalah

$$\ln\left(\frac{C_o}{C_e} - 1\right) = \frac{KTh q_o M}{Q} - \frac{KTh C_o}{Q} V_{eff} \quad (10)$$

Kapasitas adsorpsi kolom q_o dapat ditentukan dari plot V_{eff} vs $\ln[(C_o/C_e)-1]$ pada laju alir tertentu. Di mana $\ln\left(\frac{C_o}{C_e} - 1\right)$ sebagai y, $\frac{KTh C_o}{Q} V_{eff}$ sebagai mX, dan $\frac{KTh q_o M}{Q}$ sebagai C. Nilai intersep grafik (C) digunakan untuk menentukan nilai kapasitas adsorpsi sedangkan nilai gradient (m) digunakan untuk menentukan nilai konstanta Thomas sesuai dengan persamaan linear dengan memasukkan semua nilai yang telah diketahui ke dalam persamaan Thomas tersebut (Nwabanne dan Ignokwe, 2012).

2.6 Proses Adsorpsi Rhodamin B Oleh Hemiselulosa

Rhodamin B memiliki gugus N di sebelah kiri dan sebelah kanan. Nikrokation sebelah kiri memiliki ion Cl^- yang reaktif sehingga saat berinteraksi dengan gugus OH pada Rhodamin B akan terjadi pertukaran ion antara ion Cl^- dengan gugus OH Rhodamin B. Gugus N Rhodamin B sebelah kanan memiliki pasangan elektron bebas sebanyak 5 di mana pada gugus N tersebut masih tersisa 2 pasangan e^- bebas dan nantinya 2 pasangan e^- tersebut dapat berinteraksi dengan atom Hidrogen dari gugus OH pada hemiselulosa yang disebut ikatan hidrogen. Interaksi hemiselulosa dengan Rhodamin B dapat dilihat dari perubahan warna adsorben hemiselulosa putih menjadi merah muda karena terjadi penyerapan Rhodamin B oleh hemiselulosa. Mekanisme proses penyerapan Rhodamin B oleh hemiselulosa dapat dilihat pada gambar 2.7



Gambar 2.8 Proses penyerapan Rhodamin B oleh hemiselulosa (Suwarsa, 1997).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik, Laboratorium Kimia Fisik, dan Laboratorium Kimia Instrumen Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember. Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2016 hingga Februari 2017.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

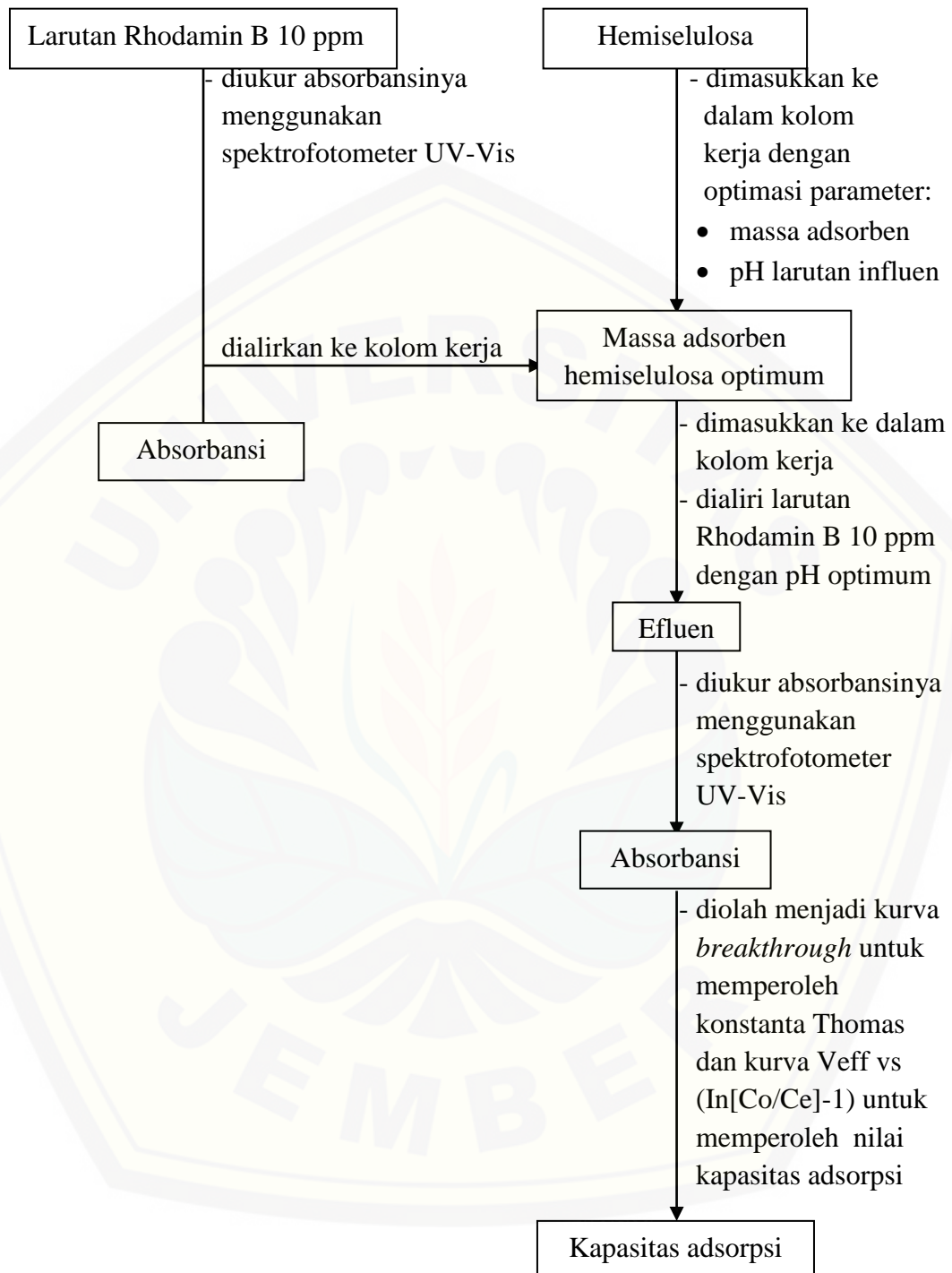
3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven, kolom vertikal dengan diameter 0,8 cm, spektrofotometer UV-Vis, pH meter tipe EAI pH 2011 CE, pipet mohr, pipet volume, pipet tetes, beaker gelas, gelas ukur, ball pipet, set alat infus, ayakan, mortar, neraca analitik, labu ukur, desikator, statif, botol semprot, buret, dan kaca arloji.

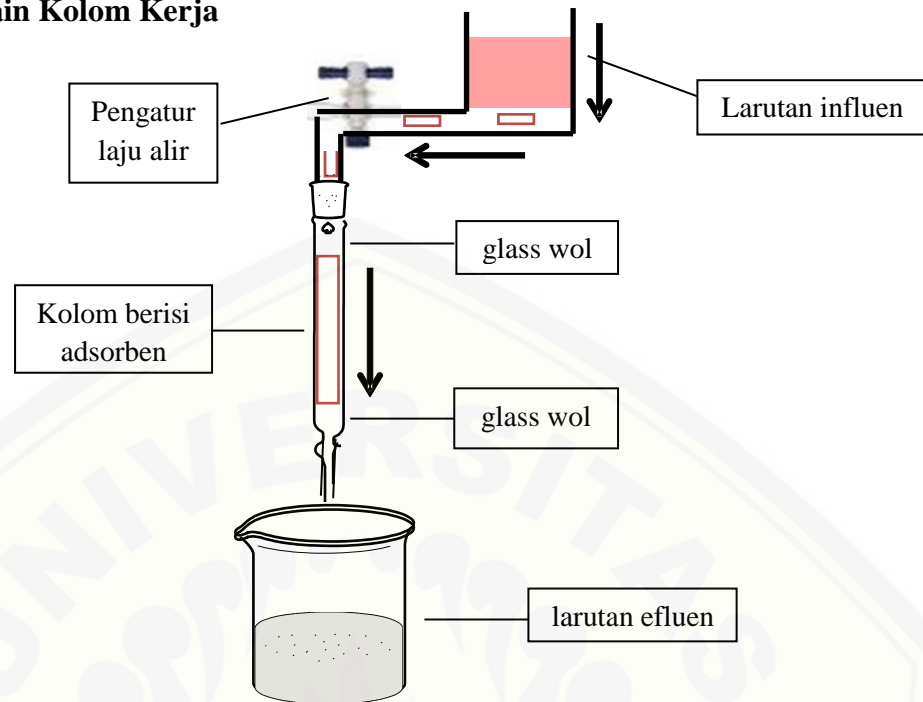
3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Hemiselulosa bentuk *fiber* (Sigmaaldrich), Rhodamin B $\geq 95\%$ (Merck), CH_3COONa (Merck), larutan CH_3COOH 99,7% (Merck), KH_2PO_4 $\geq 99,0\%$ (Merck), NaOH 99,996% (Merck), $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ 99,5-102,5% (Merck), dan akuades (Jurusan Kimia).

3.3 Diagram Alir Penelitian



3.4 Desain Kolom Kerja



Gambar 3.1 Skema set alat eksperimen

3.5 Preparasi Bahan

3.5.1 Larutan Stok Rhodamin B 100 ppm

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

3.5.2 Larutan Standar Rhodamin B

Larutan Rhodamin B 100 ppm dipipet sebanyak 25 mL ke dalam labu ukur 250 mL dan diencerkan sampai tanda batas sehingga dihasilkan larutan Rhodamin B 10 ppm. Larutan Rhodamin B 10 ppm dipipet lagi sebanyak 5 mL, 7,5 mL, 10 mL, 12,5 mL, 15 mL, 17,5 mL, 20 mL, dan 22,5 mL selanjutnya dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas sehingga didapatkan larutan Rhodamin B dengan konsentrasi 1 ppm; 1,5 ppm; 2 ppm; 2,5 ppm; 3 ppm; 3,5 ppm; 4 ppm; dan 4,5 ppm.

3.5.3 Pembuatan Larutan Asam Oksalat 0,1 M

Asam oksalat ditimbang dengan teliti sebanyak 1,303 gram dengan menggunakan neraca analitik kemudian dilarutkan dengan akuades di dalam *beaker glass*. Larutan asam oksalat tersebut dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan akuades hingga tanda batas. Larutan asam oksalat tersebut dimasukan ke dalam buret 50 mL untuk standarisasi NaOH.

3.5.4 Pembuatan Larutan Standar NaOH 0,1 M

Padatan NaOH ditimbang dengan teliti sebanyak 4,02 gram kemudian dilarutkan dengan akuades di dalam *glass beaker*. Larutan NaOH dimasukan ke dalam labu ukur 100 mL. Selanjutnya diencerkan dengan akuades sampai tanda batas sehingga didapatkan larutan NaOH 0,1 M. Larutan NaOH yang didapatkan dipipet sebanyak 10 mL kemudian dimasukan 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. Volume asam oksalat yang didapatkan dicatat dan dilakukan titrasi NaOH sebanyak tiga kali pengulangan.

3.5.5 Pembuatan Larutan CH₃COOH 0,1 M

Larutan CH₃COOH 99,7 % dipipet sebanyak 2,901 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 500 mL. Selanjutnya diencerkan sampai tanda batas menggunakan akuades sehingga didapatkan larutan CH₃COOH 0,1 M.

3.5.6 Larutan KH₂PO₄·3H₂O 0,1 M

Serbuk KH₂PO₄ ditimbang dengan teliti sebanyak 6,810 gram dan dilarutkan dengan akuades di dalam *beaker glass*. Larutan KH₂PO₄ tersebut dimasukkan ke dalam labu ukur 500 mL dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas sehingga diperoleh larutan KH₂PO₄ 0,1 M.

3.5.7 Larutan CH₃COONa 0,1 M

Serbuk CH₃COONa ditimbang dengan teliti menggunakan neraca analitik sebanyak 2 gram dan dilarutkan dengan akuades di dalam beaker gelas. Larutan

CH_3COONa tersebut dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL dan diencerkan sampai tanda batas sehingga diperoleh larutan CH_3COONa 0,1 M.

3.5.8 Larutan Buffer pH 4 Sampai 8

a. Larutan buffer pH 4

Larutan buffer pH 4 diperoleh dengan mencampurkan 36 mL larutan CH_3COONa 0,1 M dan 164 mL larutan CH_3COOH 0,1 M ke dalam beaker gelas, selanjutnya diaduk agar homogen. Selanjutnya diukur dengan pHmeter untuk memastikan pHnya sudah benar.

b. 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. Selanjutnya diukur dengan pHmeter untuk memastikan pHnya sudah benar.

c. Larutan buffer pH 6

Larutan buffer pH 6 diperoleh dengan mencampurkan 50 mL larutan K_2HPO_4 0,1 M dan 5,6 mL larutan NaOH 0,1 M ke dalam labu ukur 100 mL, selanjutnya diencerkan menggunakan akuades sampai tanda batas. Selanjutnya diukur dengan pHmeter untuk memastikan pHnya sudah benar.

d. Larutan buffer pH 7

Larutan buffer pH 7 diperoleh dengan mencampurkan 50 mL larutan K_2HPO_4 0,1 M dan 29,1 mL larutan NaOH 0,1 M ke dalam labu ukur 100 mL, selanjutnya diencerkan menggunakan akuades sampai tanda batas. Selanjutnya diukur dengan pHmeter untuk memastikan pHnya sudah benar.

e. Larutan buffer pH 8

Larutan buffer pH 8 diperoleh dengan mencampurkan 50 mL larutan K_2HPO_4 0,1 M dan 46,1 mL larutan NaOH 0,1 M ke dalam labu ukur 100 mL, selanjutnya diencerkan menggunakan akuades sampai tanda batas. Larutan buffer diukur menggunakan pH meter untuk memastikan bahwa pH yang

diinginkan sesuai. Selanjutnya diukur dengan pHmeter untuk memastikan pHnya sudah benar.

3.5.9 Larutan Sampel Rhodamin B 10 ppm pH 4 sampai 8

Larutan Rhodamin B 100 ppm dipipet sebanyak 25 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL. Selanjutnya diencerkan dengan buffer pH 4; 5; 6; 7; dan 8 hingga tanda batas dan didapatkan larutan sampel Rhodamin B dengan konsentrasi 10 ppm dalam berbagai variasi pH. Selanjutnya diukur dengan pHmeter untuk memastikan pHnya larutan Rhodamin B tersebut.

3.6 Pembuatan Kolom

Sebanyak 0,1 gram glasswool dimasukkan ke bagian bawah kolom. Adsorben ditimbang dengan teliti sebanyak 0,1 g; 0,2 g; 0,3 g; 0,4 g; dan 0,5 g. Adsorben dimasukkan sedikit demi sedikit ke dalam kolom menggunakan spatula dan dipadatkan dengan bantuan batang pengaduk panjang. Glasswool 0,1 gram dimasukan lagi ke bagian atas kolom.

3.7 Pembuatan Kurva Kalibrasi

Larutan standar Rhodamin B dengan konsentrasi 1 ppm, 1,5 ppm, 2 ppm, 2,5 ppm, 3 ppm dilakukan *scanning* pada panjang gelombang 400-700 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis yang nantinya absorbansi yang dihasilkan digunakan untuk menentukan panjang gelombang maksimum. Selanjutnya nilai absorbansi didapatkan digunakan untuk membuat kurva kalibrasi dengan memplotkan konsentrasi dan nilai absorbansi. Plot tersebut akan menghasilkan persamaan garis linear $y = mx + C$. Koefisien y menyatakan nilai absorbansi, dan x menyatakan besarnya konsentrasi larutan.

3.8 Penentuan Kecepatan Alir 0,08 mL/menit

Akuades sebanyak 10 mL dialirkan ke dalam kolom. Akuades yang keluar ditampung di dalam gelas ukur 10 mL dan dihitung kecepatan alirnya menggunakan stopwatch dalam 12 menit tiap 1 mL. Larutan yang dialirkan tiap 12 menit sebanyak ± 25 tetes. Langkah tersebut diulangi menggunakan larutan Rhodamin B.

3.9 Optimasi Parameter Adsorpsi

3.9.1 Penentuan Massa Adsorben

Adsorben hemiselulosa ditimbang dengan teliti sebanyak 0,1 g; 0,2 g; 0,3 g; 0,4 g; dan 0,5 g. Sebanyak 500 mL larutan Rhodamin B 10 ppm dengan pH 7 dialirkan ke dalam kolom yang berisi adsorben hemiselulosa dengan kecepatan alir 0,08 mL/menit. Efluen ditampung setiap 50 mL dan absorbansi Rhodamin B pada efluen ditentukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Penentuan massa adsorben dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan. Kapasitas adsorpsi masing-masing massa adsorben hemiselulosa dihitung dari absorbansi yang dihasilkan. Kapasitas adsorpsi variasi massa yang memiliki nilai tinggi dipilih sebagai massa adsorben optimum. Massa adsorben inilah yang nantinya digunakan untuk pengukuran kapasitas adsorpsi optimum Rhodamin B oleh hemiselulosa.

3.9.2 Penentuan pH Larutan Influen Optimum

Larutan Rhodamin B 10 ppm dengan pH 4, 5, 6, 7 dan 8 masing-masing dialirkan ke dalam kolom sebanyak 500 mL dengan kecepatan alir 0,08 mL/menit yang berisi adsorben hemiselulosa sebanyak massa adsorben optimum. Efluen ditampung setiap 50 mL dan absorbansi Rhodamin B pada efluen ditentukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Percobaan diulang sebanyak 3 kali untuk masing-masing variasi pH. Kapasitas adsorpsi masing-masing pH larutan Rhodamin B dihitung dari absorbansi yang dihasilkan. Kapasitas adsorpsi variasi pH yang memiliki nilai tinggi dipilih sebagai pH influen optimum. pH influen inilah yang nantinya digunakan untuk pengukuran kapasitas adsorpsi optimum Rhodamin B oleh hemiselulosa.

3.10 Pengukuran Kapasitas Adsorpsi dari Adsorben

Larutan Rhodamin B 10 ppm terlebih dahulu diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Adsorben berupa hemiselulosa dengan massa optimum disiapkan ke dalam kolom. Larutan Rhodamin B yang telah dikondisikan pada pH optimum dialirkan ke dalam kolom yang telah berisi adsorben dengan kecepatan alir 0,08 mL/menit. Pengukuran kapasitas adsorpsi

(q_0) hemiselulosa dilakukan dengan massa adsorben optimum dan Rhodamin B 10 ppm (C_0) dengan pH optimum. Efluen ditampung (V_{eff}) dan diambil secara berkala setiap 50 mL karena Rhodamin B bersifat tidak stabil terhadap cahaya sehingga membutuhkan volume yang banyak untuk diukur absorbansinya dan apabila terkena cahaya maka absorbansinya akan berkurang. Konsentrasi Rhodamin B (C_e) di dalam efluen diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pengambilan efluen dihentikan bila absorbansi efluen sama dengan absorbansi yang dimiliki oleh larutan Rhodamin B 10 ppm karena akan menghasilkan keadaan jenuh sehingga adsorben tidak mampu mengadsorp Rhodamin B. Percobaan diulang 3 kali dengan menggunakan hemiselulosa yang baru.

Nantinya akan diperoleh nilai V_{eff} , C_0 , dan C_e dari penelitian ini. Volume efluen yang ditampung di dalam gelas beaker diukur menggunakan gelas ukur. Volume efluen tersebut merupakan V_{eff} (L), konsentrasi awal larutan Rhodamin B disebut C_0 (mg/L), dan C_e adalah konsentrasi efluen per volume pengambilan (mg/L). Nilai absorbansi yang diperoleh digunakan untuk membuat grafik konsentrasi efluen vs V_{eff} , C_e/C_0 vs V_{eff} (kurva *breakthrough*), dan V_{eff} vs $\ln[(C_0/C_e)-1]$.

Grafik konsentrasi efluen vs V_{eff} digunakan untuk menunjukkan hubungan antara konsentrasi efluen dengan volume efluen yang dihasilkan. Grafik C_e/C_0 vs V_{eff} (kurva *breakthrough*) digunakan untuk menunjukkan *break point*, *exhaustion point*, dan titik jenuh pada proses adsorpsi di dalam kolom kerja. Grafik V_{eff} vs $\ln[(C_0/C_e)-1]$ digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi adsorben pada kolom kerja. Grafik V_{eff} vs $\ln[(C_0/C_e)-1]$ nantinya akan menghasilkan persamaan $y = mX + C$. Sesuai dengan persamaan Thomas

$$\ln\left(\frac{C_0}{C_e} - 1\right) = \frac{KTh q_0 M}{Q} - \frac{KTh C_0}{Q} V_{eff} \quad (11)$$

$\ln\left(\frac{C_0}{C_e} - 1\right)$ sebagai y , $\frac{KTh C_0}{Q} V_{eff}$ sebagai mX , dan $\frac{KTh q_0 M}{Q}$ sebagai C sehingga kapasitas adsorpsi (q_0) Rhodamin B oleh adsorben hemiselulosa dapat diperoleh.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil dan pembahasan penelitian ini antara lain :

1. Adsorpsi Rhodamin B semakin meningkat seiring dengan meningkatnya massa adsorben yang digunakan. Massa adsorben hemiselulosa yang digunakan semakin besar maka gugus aktif yang dimiliki oleh adsorben akan semakin banyak untuk mengikat larutan Rhodamin B sehingga adsorpsi Rhodamin B akan semakin baik.
2. Adsorpsi Rhodamin B dengan variasi pH larutan influen cenderung semakin menurun pada pH asam dan pH basa. Larutan influen pada pH asam menyebabkan terjadinya tolakan elektrostatis antara permukaan adsorben yang bermuatan positif dengan ion H^+ dari suasana asam sehingga kapasitas adsorpsi menurun sedangkan pada pH basa memungkinkan terjadinya repulsi antara muatan negatif pada adsorben dengan *zwitterionic* pada molekul Rhodamin B yang menyebabkan kapasitas adsorpsi menjadi menurun.
3. Kapasitas adsorpsi optimum dengan menggunakan massa adsorben optimum 0,5 gram dan larutan influen pH optimum 7 adalah sebesar 0,047 mg/g.

5.2 Saran

Saran yang dapat disampaikan pada penelitian ini untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Kapasitas adsorpsi optimum dengan sistem dinamis ini perlu diterapkan pada sampel bahan alam sehingga dapat diketahui efisiensi penerapan metode tersebut pada sampel bahan alam.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan metode analisis lain dengan menggunakan metode spektrofotometer visible agar dapat diketahui perbandingan kapasitas adsorpsi optimum sistem dinamis dengan sistem analisis lainnya.

3. Perlu dilakukan penyiapan dan pembuatan larutan buffer dengan menggunakan komponen larutan yang sama sehingga lebih efisien.



DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, T. E dan Amir, M. 2012. Pengaruh Temperatur dan Waktu pada Pengolahan Pewarna Sintetis Procion Menggunakan Reagen Fenton. *Jurnal Teknik Kimia*, 18 (3): 54-61.
- Aksu, Z. dan Gonen, H. 2003. Biosorption of Phenol by Immobilized Activated Sludge in A Continuous Packed Bed: Prediction of Breakthrough Curves. *Process Biochem*, 39 (5): 599– 613.
- Amri, A., Supranto dan Fahrurozi, M.. 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.
- Asip, F., Mardhiah, R., dan Husna. 2008. Uji Efektifitas Cangkang Telur dalam Mengadsorpsi Ion Fe dengan Proses Batch. *Jurnal Teknik Kimia*, 15 (2): 22-26.
- Atmaja, W. G. P. W. 2011. Potensi Pewarna Alam dari Campuran Biji Pinang, Daun Sirih, Gambir dengan Mordan $KAlSO_4$ serta Pemanfaatannya dalam Pewarnaan Kayu Albasia (*Paraserianthes falcataria*). *Skripsi*. Jimbaran: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana.
- Bahl, B. S., Tuli, G. D, and Bahl, A. 1997. *Essential of Physical Chemistry*. New Delhi: S. Chand and Company.
- Bath, D. S., Siregar, J. M., dan Lubis, M. T. 2012. Penggunaan Tanah Bentotit Sebagai Adsorben Logam Cu. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 1 (1): 1-4.
- Batubara, R. S. 2002. Kayu dalam Kehidupan Manusia. *Jurnal Ilmu Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara*, 8 (3): 67-71.
- Beija, M., Afonso, C.A. M., dan Martinho, J. M. G. 2009. Synthesis and Applications Of Rhodamine Derivatives As Flourescent Probes. *Chemical Society Reviews*, 38 (2411): 2410-2433.
- Day, R. A. and Underwood, A. L. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Terjemahan oleh Pudjaatmaka, A. H. Jakarta: Erlangga.
- Fengel, D. dan Wegener, G. 1984. *Kayu: Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi*. Terjemahan Sastrohamidjojo, H. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Fessenden, R. J dan Fessenden, J. S. 1985. *Kimia Organik*. Terjemahan oleh Pudjaatmaka, A. H. Jakarta: Erlangga.

- Fessenden, R. J dan Fessenden, J. S. 1986. *Kimia Organik Edisi Ketiga*. Terjemahan oleh Pudjaatmaka, A. H. Jakarta: Erlangga.
- Goat, P. 2005. *Pemilihan Bahan Tekstil*. Yogyakarta: Kanisius.
- Hadiwidodo, M. 2008. Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Adsorben dalam Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Logam Cu. *Jurnal Teknik*, 29 (1): 55-63.
- Han, Wang, Zhao, Wang, Xie, Cheng, dan Tang. 2009. Adsorption Of Methylene Blue By Phoenix Tree Leaf Powder In A Fixed-Bed Column: Experiments And Prediction Of Breakthrough Curves. *Desalination*, 245 (1-3): 284-297.
- Handoko, T., Suhandjaja, G., dan Muljana, H. 2012. Hidrolisis Serat Selulosa dalam Buah Bintaro Sebagai Sumber Bahan Baku Bioetanol. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 11 (1): 26-33.
- Hastomo, A. E. 2008. Analisis Rhodamin B dan Metanil Yellow di Kotamadya Surakarta dengan Metode Kromatografi Lapis Tipis. *Laporan Penelitian*. Surakarta: Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah.
- Hendrawati, N., dan Saniyyah, N. 2010. Penyerapan Ion Logam Cd dan Cr dalam Air Limbah Menggunakan Sekam Padi. *Jurnal Kimia*, 1 (6): 310-318.
- Hermiati, Mangunwidjaja, Sunarti, Suparno, dan Prasetya. 2010. Pemanfaatan Biomassa Lignoselulosa Ampas Tebu untuk Produksi Bioetanol. *Jurnal LIPI*, 29 (4): 121-130.
- Ibrahim, M. 1998. Clean Fractionation of Biomass - Steam Explosion and Extraction. *Tesis*. Virginia: Faculty of The Virginia Polytechnic Institute and State University.
- 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. *Skripsi*. Kanada: Queen University.
- Manurung, M. 2011. Potensi Khitin/ Khitosan dari Kulit Udang Sebagai Biokoagulan Penjernih Air. *Jurnal Kimia*, 5 (2): 182-188.
- Medvidović, N. V., Perić, J., dan Trgo, M. 2006. Column Performance in Lead Removal from Aqueous Solutions by Fixed Bed of Natural Zeolite-Clinoptilolite. *Separation. Purific. Tech.* 49: 237-244.
- Meneghetti, E., Baroni, P., dan Vieira, R. S. 2010. Dynamic Adsorption of Chromium Ions onto Natural and Crosslinked Chitosan Membranes for Wastewater Treatment. *Materials Res*, 13 (1): 422-425.

- Munawaroh, I. 2012. Pemanfaatan Bonggol Jagung Sebagai Adsorben Rhodamin B Dan Metanil Yellow. *Skripsi*. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Nollet, Leo M. L. 2004. *Handbook of Food Analysis, Second Edition, Volume 1: Physical Characterization and Nutrient Analysis*. New York: Marcel Dekker, Ink.
- Nurfitriyani, A., Wardhani, E., dan Dirgawati, M. 2013. Penentuan Efisiensi Penyisihan Kromium Heksavalen (Cr^{6+}) dengan Adsorpsi Menggunakan Tempurung Kelapa Secara Kontinyu. *Jurnal Institut Teknologi Nasional*, 1 (2): 1-12.
- Nurmasari, Astuti, Umaningrum, dan Khusnaria. 2014. Kajian Adsorpsi Rhodamin B pada Humin. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, 6 (1): 203-210.
- Nwabanne, J. T. & 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.
- Octavia, S., Soerawidjaja, Tatang, H., Purwadi, R., dan Putrawan, Arsa. 2011. Pengolahan Awal Lignoselulosa Menggunakan Amoniak untuk Meningkatkan Perolehan Gula Fermentasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*, 45 (2): 70-77.
- Palonen, H. 2004. Role of Lignin in The Enzymatic Hydrolysis of Lignocellulose. *VTT Biotechnology*, 117 (4): 1-84.
- Pérez, Muñoz-Dorado, de la Rubia, dan Martínez. 2002. Biodegradation and Biological Treatments of Cellulose, Hemicellulose, and Lignin: An Overview. *Int. J Microbiol*, 5 (2): 53-63.
- Praja, D. I. 2015. *Zat Aditif Makanan: Manfaat dan Bahayanya*. Yogyakarta: Garudhawaca.
- Puspitasari, M. 2013. Optimasi Parameter Adsorpsi Logam Pb Oleh Serbuk Kayu Pohon Mangga (*Mangifera indica*) dalam Sistem Dinamis. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Rosyida, A. 2011. Bottom ash Limbah Batubara sebagai Media Filter yang Efektif pada Pengolahan Limbah Cair Tekstil. *Jurnal Rekayasa Proses*, 5 (2): 56-61.
- Ruthven, D. M. 1984. *Principle of Adsorption & Adsorption Process*. New York: John Wiley & Son Ltds.
- Saha, B. C. 2003. Hemicellulose Bioconversion. *Jurnal Ind Microbiol Biotechnol*, 30 (5): 279-291.

- Sakti, S. A. 2005. *Instalasi Pengolahan Air*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sastrohamidjojo, H. 1995. *Kimia Kayu Dasar-Dasar dan Penggunaan Edisi 2*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Setiyanto, Riwayanti, I., dan Kurniasari, L. 2015. Adsorpsi Pewarna Tekstil Rhodamin B Menggunakan Senyawa Xanthat Pulpa Kopi. *Jurnal Kimia*, 11 (1): 24-28.
- Simatupang, Nata, Andi., dan Herlina. 2012. Studi Isolasi dan Rendemen Lignin dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). *Jurnal Teknik Kimia*, 1 (1): 20-24.
- Sugiyana, D. 2003. Pencemaran Logam Berat pada Limbah Industri Tekstil dan Alternatif Material Penyerap Ekonomis. *Jurnal Arena Tekstil*, 39 (2):1-6.
- Sulastri, Nuryono, Kartini, dan Kunarti. 2015. Kinetika dan Keseimbangan Adsorpsi Ion Kromium (III) dalam Larutan pada Senyawa Silika dan Modifikasi Silika Hasil Sintesis dari Abu Sekam Padi. *Jurnal Penelitian Sainstek*, 19 (2): 33-44.
- Susanto, S. 1973. *Seni Kerajinan Batik Indonesia*. Yogyakarta: BPKB.
- Suyasa, I. W. B., Suprihatin, I. E., dan Sugianthi, I. G. A. K. R. 2012. Pengolahan Air Limbah Pembangkit Listrik PT Indonesia Power dengan Metode Flotasi dan Biofiltrasi Saringan Pasir Tanaman. *Jurnal Kimia*, 6 (1): 62-71.
- Taherzadeh, M. J. (1999). Ethanol from Lignocellulose: Physiological Effects of Inhibitors and Fermentation Strategies. *Tesis*. Goteborg: Department of Chemical Reaction Engineering, Chalmers University Of Technology.
- Tangio, J. S. 2012. "Adsorpsi Logam Timbal (Pb) dengan Menggunakan Biomass Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)". Laporan Penelitian. Tidak Diterbitkan. Gorontalo: FMIPA Universitas Gorontalo.
- Tuani, Riadi, Sanjaya, dan Ferydhiwati. 2015. Pengolahan Limbah Tekstil Menggunakan Elektrokoagulasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*, 4 (2): 1-6.
- Vassilis, I. J. 2010. Ion Exchange and Adsorption Fixed Bed Operations for Wastewater Treatment – Part I: Modeling Fundamentals and Hydraulics Analysis. *J. Eng. Stud. Res.* 16 (3): 29-41.
- Wagner, S. 2003. *Improvement in Product and Processing to Diminish Enviromental Impact*. North Carolina: COTTECH Conference Raleigh.
- Wahyuni, N., Ronaldo, dan Silalahi, I. H. 2013. Adsorpsi Ion Logam Cu (II) Menggunakan Biomassa Alga Coklat (*Sargassum crassifolium*) yang Terenkapsulasi Aqua-Gel Silika. *Jurnal Untan*, 2 (3): 146-152.

- Widjanarko, Widianoro, Soetaredjo, dan Ismadji. 2006. Kinetika Adsorben Zat Warna Congo Red dan Rhodamin B dengan Menggunakan Serabut Kelapa dan Tebu. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 5 (3): 461-468.
- Yantri, N. K. 1998. Pemanfaatan Jerami Padi (*Oryza Sativa*) Sebagai Bahan Penyerap Ion Cu^{2+} , Cd^{2+} , dan Pb^{2+} Pada Limbah Pencelupan Perusahaan Garmen. *Skripsi*. Singaraja: Fakultas MIPA STKIP Negeri Singaraja.
- Yuliastri, I. R. 2010. Penggunaan Serbuk Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai Koagulan dan Flokulan dalam Perbaikan Kualitas Air Limbah dan Air Tanah. *Skripsi*. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.
- Zamouche, M dan Hamdaoui, O. 2012. Sorption of Rhodamin B by Cedar Cone: Effect of pH dan Ionic Strength. *Energy Procedia*, 18 (2012): 1228-1239.
- Zheng, Li, Zhu, Kuang, Xu, dan Ma. 2010. Cryfish Carapea Micro-powder (CCM): A novel and Efficient Adsorbent for Heavy Metal Ion Removal from Wastewater. *Water*, 2 (2): 257-272.
- Zhexu, Cai, J., dan Pan, B. 2013. Mathematically Modeling Fixed-Bed Adsorption In Aqueous Systems. *Journal Of Zhejiang University*, 14 (3): 155-176.

LAMPIRAN

Lampiran 3.1 Pembuatan Larutan

3.1.1 Larutan Induk Rhodamin B 100 ppm

Massa Rhodamin B = 100 mg

Volume akuades = 1000 mL = 1 L

Konsentrasi larutan (ppm) = $\frac{\text{massa (mg)}}{\text{volume (L)}} = \frac{100 \text{ mg}}{1 \text{ L}} = 100 \text{ ppm}$

3.1.2 Larutan Standar Rhodamin B 10 ppm dibuat dari larutan induk Rhodamin B 100 ppm

$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$

100 ppm · $V_1 = 10 \text{ ppm} \cdot 250 \text{ mL}$

$V_1 = \frac{10 \text{ ppm} \cdot 250 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}} = 25 \text{ mL}$

Larutan Rhodamin B 10 ppm ini digunakan sebagai larutan influen.

3.1.3 Larutan Asam Oksalat 0,1 M

Mr $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O = 126,07 \text{ g/mol}$

Volume asam oksalat = 100 mL = 0,1 L

$M = \frac{n \text{ (mol)}}{\text{volume (L)}}$

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

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

n = 0,01 mol

n (mol) = $\frac{\text{massa (g)}}{\text{Mr (g/mol)}}$

0,01 mol = $\frac{\text{massa (g)}}{126,07 \text{ g/mol}}$

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

massa (g) = 1,26 g

3.1.4 Larutan NaOH 0,1 M

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

$$\text{Volume NaOH} = 1000 \text{ mL} = 1 \text{ L}$$

$$M = \frac{n \text{ (mol)}}{\text{volume (L)}}$$

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

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

$$n = 0,1 \text{ mol}$$

$$n \text{ (mol)} = \frac{\text{massa (g)}}{\text{Mr(g/mol)}}$$

$$0,1 \text{ mol} = \frac{\text{massa (g)}}{40 \text{ g/mol}}$$

$$\text{massa (g)} = 0,1 \text{ mol} \times 40 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$\text{massa (g)} = 4 \text{ g}$$

3.1.5 Larutan CH₃COOH 0,1 M dari CH₃COOH 99,7%

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

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

CH₃COOH 99,7 % artinya dalam 100 mL larutan terdapat 99,7 mL CH₃COOH

$$\rho = \frac{\text{massa}}{\text{Volume}}$$

$$\text{Massa} = \rho \times V$$

$$= 1,05 \text{ g/mL} \times 100 \text{ mL}$$

$$= 105 \text{ gram (untuk larutan CH}_3\text{COOH 100%)}$$

$$\text{Massa CH}_3\text{COOH 99,7\%} = \frac{99,7}{100} \times 105 \text{ gram} = 104,7 \text{ gram}$$

$$\text{Mol CH}_3\text{COOH 99,7\%} = \frac{\text{massa}}{\text{Mr}} = \frac{104,7 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}} = 1,7 \text{ mol}$$

$$M \text{ CH}_3\text{COOH 99,7\%} = \frac{\text{mol}}{\text{volume}} = \frac{1,7 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 17 \text{ M}$$

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

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

$$V_1 = \frac{50 \text{ mL}}{17} = 2,9 \text{ mL}$$

3.1.6 Larutan KH_2PO_4 0,1 M

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

$$\text{Volume KH}_2\text{PO}_4 = 500 \text{ mL} = 0,5 \text{ L}$$

$$M = \frac{n \text{ (mol)}}{\text{volume (L)}}$$

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

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

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

$$n \text{ (mol)} = \frac{\text{massa (g)}}{\text{Mr (g/mol)}}$$

$$0,05 \text{ mol} = \frac{\text{massa (g)}}{136 \text{ g/mol}}$$

$$\text{massa KH}_2\text{PO}_4 = 0,025 \text{ mol} \times 136 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$\text{massa KH}_2\text{PO}_4 = 6,81 \text{ g}$$

3.1.7 Larutan CH_3COONa 0,1 M

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

$$\text{Volume CH}_3\text{COONa} = 250 \text{ mL} = 0,25 \text{ L}$$

$$M = \frac{n \text{ (mol)}}{\text{volume (L)}}$$

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

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

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

$$n \text{ (mol)} = \frac{\text{massa (g)}}{\text{Mr (g/mol)}}$$

$$0,025 \text{ mol} = \frac{\text{massa (g)}}{82 \text{ g/mol}}$$

$$\text{massa CH}_3\text{COONa} = 0,025 \text{ mol} \times 82 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$\text{massa CH}_3\text{COONa} = 2,05 \text{ g}$$

3.1.8 Larutan Standar Rhodamin B 1 ppm, 1,5 ppm, 2 ppm, 2,5 ppm, dan 3 ppm dibuat dari larutan standar Rhodamin B 10 ppm untuk penentuan kurva kalibrasi

- Larutan Standar Rhodamin B 1 ppm

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

$$10 \text{ ppm} \cdot V_1 = 1 \text{ ppm} \cdot 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{1 \text{ ppm} \cdot 50 \text{ mL}}{10 \text{ ppm}} = 5 \text{ mL}$$

- Larutan Standar Rhodamin B 1,5 ppm

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

$$10 \text{ ppm} \cdot V_1 = 1,5 \text{ ppm} \cdot 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{1,5 \text{ ppm} \cdot 50 \text{ mL}}{10 \text{ ppm}} = 7,5 \text{ mL}$$

- Larutan Standar Rhodamin B 2 ppm

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

$$10 \text{ ppm} \cdot V_1 = 2 \text{ ppm} \cdot 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{2 \text{ ppm} \cdot 50 \text{ mL}}{10 \text{ ppm}} = 10 \text{ mL}$$

- Larutan Standar Rhodamin B 2,5 ppm

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

$$10 \text{ ppm} \cdot V_1 = 2,5 \text{ ppm} \cdot 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{2,5 \text{ ppm} \cdot 50 \text{ mL}}{10 \text{ ppm}} = 12,5 \text{ mL}$$

- Larutan Standar Rhodamin B 3 ppm

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

$$10 \text{ ppm} \cdot V_1 = 3 \text{ ppm} \cdot 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{3 \text{ ppm} \cdot 50 \text{ mL}}{10 \text{ ppm}} = 15 \text{ mL}$$

- Larutan Standar Rhodamin B 3,5 ppm

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

$$10 \text{ ppm} \cdot V_1 = 3,5 \text{ ppm} \cdot 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{3,5 \text{ ppm} \cdot 50 \text{ mL}}{10 \text{ ppm}} = 17,5 \text{ mL}$$

- Larutan Standar Rhodamin B 4 ppm

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

$$10 \text{ ppm} \cdot V_1 = 4 \text{ ppm} \cdot 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{4 \text{ ppm} \cdot 50 \text{ mL}}{10 \text{ ppm}} = 20 \text{ mL}$$

- Larutan Standar Rhodamin B 4,5 ppm

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

$$10 \text{ ppm} \cdot V_1 = 4,5 \text{ ppm} \cdot 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{4,5 \text{ ppm} \cdot 50 \text{ mL}}{10 \text{ ppm}} = 22,5 \text{ mL}$$

3.1.9 Pembuatan Larutan Buffer

- Larutan buffer pH 4

$$M \text{ CH}_3\text{COONa} = 0,1 \text{ M}$$

$$\text{Vol CH}_3\text{COONa} = 36 \text{ mL} = 0,036 \text{ L}$$

$$M \text{ CH}_3\text{COOH} = 0,1 \text{ M}$$

$$\text{Vol CH}_3\text{COOH} = 164 \text{ mL} = 0,164 \text{ L}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol total} &= \text{Vol CH}_3\text{COONa} + \text{Vol CH}_3\text{COOH} \\ &= 0,036 \text{ L} + 0,164 \text{ L} = 0,2 \text{ L} \end{aligned}$$

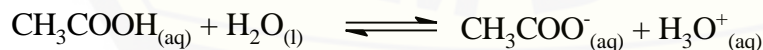
$$K_a \text{ CH}_3\text{COOH} = 10^{-5}$$

$$\text{Mol CH}_3\text{COONa} = M \times V = 0,1 \text{ M} \times 0,036 \text{ L} = 0,0036 \text{ mol}$$

$$M \text{ CH}_3\text{COONa} = \frac{\text{mol}}{V_{\text{total}}} = \frac{0,0036 \text{ mol}}{0,2 \text{ L}} = 0,018 \text{ M}$$

$$\text{Mol CH}_3\text{COOH} = M \times V = 0,1 \text{ M} \times 0,164 \text{ L} = 0,0164 \text{ mol}$$

$$M \text{ CH}_3\text{COOH} = \frac{\text{mol}}{V_{\text{total}}} = \frac{0,0164 \text{ mol}}{0,2 \text{ L}} = 0,082 \text{ M H}_3\text{O}^+$$



$$\text{m: } 0,082 \text{ M} \qquad \qquad \qquad 0,018 \text{ M}$$

$$\text{b: } \quad x \qquad \qquad \qquad x \qquad \qquad \qquad x$$

$$\text{s: } 0,082 \text{ M} - x \qquad \qquad \qquad 0,018 \text{ M} + x \qquad \qquad \qquad x$$

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{[0,018 \text{ M} + x][x]}{0,082 \text{ M} - x}$$

$$1,8 \cdot 10^{-5} = 0,2195 x$$

$$x = 8,2 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log x$$

$$= -\log 8,2 \cdot 10^{-5} = 5 - \log 8,2 = 4,087 = 4$$

- Larutan buffer pH 5

$$\begin{aligned} \text{M CH}_3\text{COONa} &= 0,1 \text{ M} \\ \text{Vol CH}_3\text{COONa} &= 141 \text{ mL} = 0,141 \text{ L} \\ \text{M CH}_3\text{COOH} &= 0,1 \text{ M} \\ \text{Vol CH}_3\text{COOH} &= 59 \text{ mL} = 0,059 \text{ L} \\ \text{Vol total} &= \text{Vol CH}_3\text{COONa} + \text{Vol CH}_3\text{COOH} \\ &= 0,141 \text{ L} + 0,059 \text{ L} = 0,2 \text{ L} \\ \text{Ka CH}_3\text{COOH} &= 10^{-5} \\ \text{Mol CH}_3\text{COONa} &= \text{M} \times \text{V} = 0,1 \text{ M} \times 0,141 \text{ L} = 0,0141 \text{ mol} \\ \text{M CH}_3\text{COONa} &= \frac{\text{mol}}{\text{Vtotal}} = \frac{0,0141 \text{ mol}}{0,2 \text{ L}} = 0,0705 \text{ M} \\ \text{Mol CH}_3\text{COOH} &= \text{M} \times \text{V} = 0,1 \text{ M} \times 0,059 \text{ L} = 0,0059 \text{ mol} \\ \text{M CH}_3\text{COOH} &= \frac{\text{mol}}{\text{Vtotal}} = \frac{0,0059 \text{ mol}}{0,2 \text{ L}} = 0,0295 \text{ M H}_3\text{O}^+ \end{aligned}$$



m: 0,00295 M	0,0705M	
b: x	x	x
s: 0,00295 M - x	0,0705 M + x	x

$$\text{Ka} = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{[0,0705 \text{ M} + x][x]}{0,00295 \text{ M} + x}$$

$$1,8 \cdot 10^{-5} = 2,389 x$$

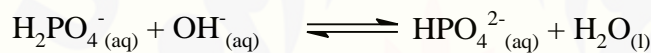
$$x = 7,5 \cdot 10^{-6}$$

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log x \\ &= -\log 7,5 \cdot 10^{-6} = 6 - \log 7,5 = 5,125 = 5 \end{aligned}$$

- Larutan buffer pH 6

$$\text{M KH}_2\text{PO}_4 = 0,1 \text{ M}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Vol KH}_2\text{PO}_4 &= 50 \text{ mL} = 0,05 \text{ L} \\
 \text{M NaOH} &= 0,1 \text{ M} \\
 \text{Vol NaOH} &= 5,6 \text{ mL} = 0,0056 \text{ L} \\
 \text{Vol akuades} &= 44,4 \text{ mL} = 0,0444 \text{ L} \\
 \text{Vol total} &= \text{Vol KH}_2\text{PO}_4 + \text{Vol NaOH} + \text{Vol akuades} \\
 &= 0,05 \text{ L} + 0,0056 \text{ L} + 0,0444 \text{ L} = 0,1 \text{ L} \\
 \text{Ka H}_2\text{PO}_4 &= 6,2 \cdot 10^{-8} \\
 \text{Mol KH}_2\text{PO}_4 &= \text{M} \times \text{V} = 0,1 \text{ M} \times 0,05 \text{ L} = 0,005 \text{ mol} \\
 \text{M KH}_2\text{PO}_4 &= \frac{\text{mol}}{\text{V}_{\text{total}}} = \frac{0,005 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 0,05 \text{ M} \\
 \text{Mol NaOH} &= \text{M} \times \text{V} = 0,1 \text{ M} \times 0,0056 \text{ L} = 0,00056 \text{ mol} \\
 \text{M NaOH} &= \frac{\text{mol}}{\text{V}_{\text{total}}} = \frac{0,00056 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 0,0056 \text{ M}
 \end{aligned}$$



m: 0,05 M	0,0056 M	
b: 0,0056 M	0,0056 M	0,0056 M
s: 0,0444 M	0	0,0056 M

$$\begin{aligned}
 \text{pH} &= \text{pKa} - \log \frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}]}{[\text{HPO}_4^-]} \\
 &= 7,21 - \frac{[0,0444 \text{ M}]}{[0,0056 \text{ M}]} \\
 &= 7,21 - \log 7,928 \\
 &= 6
 \end{aligned}$$

- Larutan buffer pH 7

$$\begin{aligned}
 \text{M KH}_2\text{PO}_4 &= 0,1 \text{ M} \\
 \text{Vol KH}_2\text{PO}_4 &= 50 \text{ mL} = 0,05 \text{ L} \\
 \text{M NaOH} &= 0,1 \text{ M} \\
 \text{Vol NaOH} &= 29,1 \text{ mL} = 0,0291 \text{ L} \\
 \text{Vol akuades} &= 20,9 \text{ mL} = 0,0209 \text{ L} \\
 \text{Vol total} &= \text{Vol KH}_2\text{PO}_4 + \text{Vol NaOH} + \text{Vol akuades} \\
 &= 0,05 \text{ L} + 0,0291 \text{ L} + 0,0209 \text{ L} = 0,1 \text{ L} \\
 \text{Ka H}_2\text{PO}_4 &= 6,2 \cdot 10^{-8} \\
 \text{Mol KH}_2\text{PO}_4 &= \text{M} \times \text{V} = 0,1 \text{ M} \times 0,05 \text{ L} = 0,005 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

$$M \text{ KH}_2\text{PO}_4 = \frac{\text{mol}}{V_{\text{total}}} = \frac{0,005 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 0,05 \text{ M}$$

$$\text{Mol NaOH} = M \times V = 0,1 \text{ M} \times 0,0291 \text{ L} = 0,00291 \text{ mol}$$

$$M \text{ NaOH} = \frac{\text{mol}}{V_{\text{total}}} = \frac{0,00291 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 0,0291 \text{ M}$$



$$m: 0,05 \text{ M} \quad 0,0291 \text{ M}$$

$$b: 0,0291 \text{ M} \quad 0,0291 \text{ M} \quad 0,0291 \text{ M}$$

$$s: 0,0209 \text{ M} \quad 0 \quad 0,0291 \text{ M}$$

$$\begin{aligned} \text{pH} &= \text{pKa} - \log \frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}]}{[\text{HPO}_4^-]} \\ &= 7,21 - \frac{[0,0209 \text{ M}]}{[0,0291 \text{ M}]} \\ &= 7,21 - \log 0,718 \\ &= 7,35 \\ &= 7 \end{aligned}$$

- Larutan buffer pH 8

$$M \text{ KH}_2\text{PO}_4 = 0,1 \text{ M}$$

$$\text{Vol KH}_2\text{PO}_4 = 50 \text{ mL} = 0,05 \text{ L}$$

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

$$\text{Vol NaOH} = 46,1 \text{ mL} = 0,0461 \text{ L}$$

$$\text{Vol akuades} = 3,9 \text{ mL} = 0,0039 \text{ L}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol total} &= \text{Vol KH}_2\text{PO}_4 + \text{Vol NaOH} + \text{Vol akuades} \\ &= 0,05 \text{ L} + 0,0461 \text{ L} + 0,0039 \text{ L} = 0,1 \text{ L} \end{aligned}$$

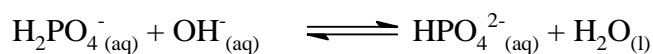
$$K_a \text{ H}_2\text{PO}_4 = 6,2 \cdot 10^{-8}$$

$$\text{Mol KH}_2\text{PO}_4 = M \times V = 0,1 \text{ M} \times 0,05 \text{ L} = 0,005 \text{ mol}$$

$$M \text{ KH}_2\text{PO}_4 = \frac{\text{mol}}{V_{\text{total}}} = \frac{0,005 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 0,05 \text{ M}$$

$$\text{Mol NaOH} = M \times V = 0,1 \text{ M} \times 0,0461 \text{ L} = 0,00461 \text{ mol}$$

$$M \text{ NaOH} = \frac{\text{mol}}{V_{\text{total}}} = \frac{0,00461 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 0,0461 \text{ M}$$

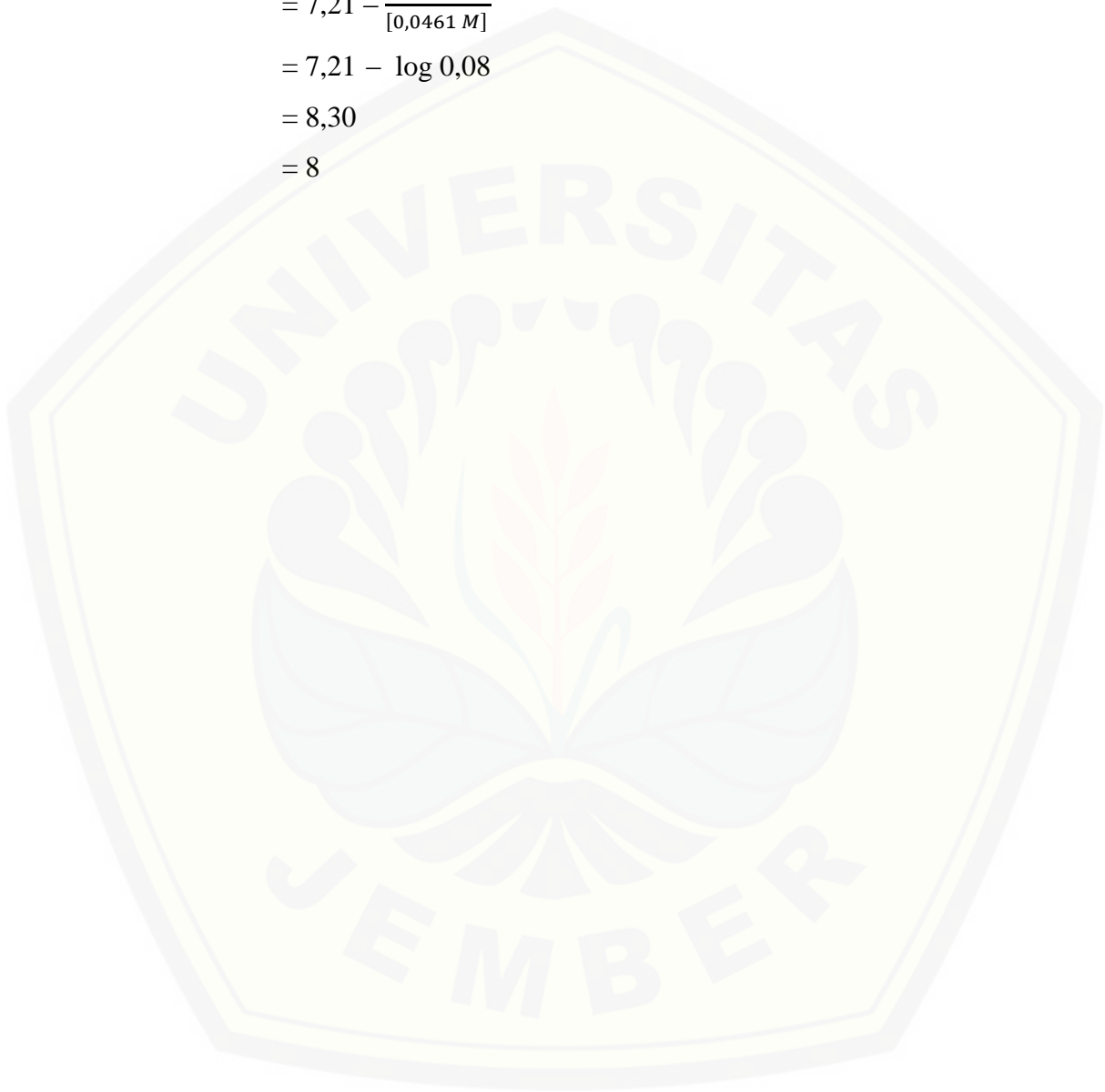


$$m: 0,05 \text{ M} \quad 0,0461 \text{ M}$$

b: 0,0461 M 0,0461 M 0,0461 M

s: 0,0039 M 0 0,0461 M

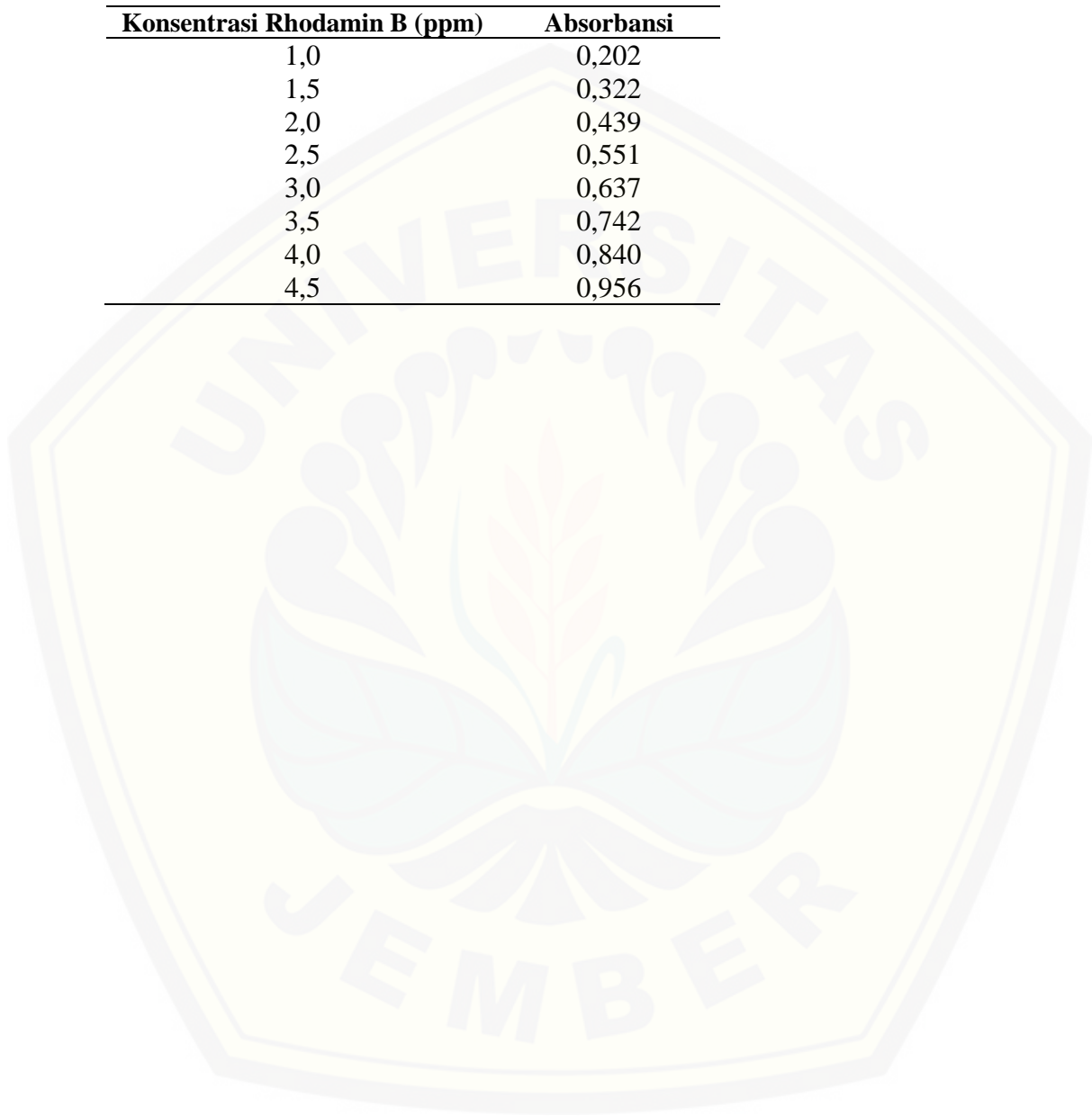
$$\begin{aligned} \text{pH} &= \text{pK}_a - \log \frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}]}{[\text{HPO}_4^-]} \\ &= 7,21 - \frac{[0,0039 \text{ M}]}{[0,0461 \text{ M}]} \\ &= 7,21 - \log 0,08 \\ &= 8,30 \\ &= 8 \end{aligned}$$



**Lampiran 4.1 Data dan Kurva Kalibrasi Larutan Standart Rhodamin B
untuk Optimasi Massa Adsorben**

4.1.1 Data Absorbansi Larutan Standar Rhodamin B 1-4 ppm

Konsentrasi Rhodamin B (ppm)	Absorbansi
1,0	0,202
1,5	0,322
2,0	0,439
2,5	0,551
3,0	0,637
3,5	0,742
4,0	0,840
4,5	0,956



Lampiran 4.2 Data Penentuan Kapasitas Adsorpsi Hemiselulosa dengan Variasi Massa Adsorben

4.2.1 Massa Adsorben 0,1 g

Data penentuan kapasitas adsorpsi dengan variasi massa hemiselulosa 0,1 gram

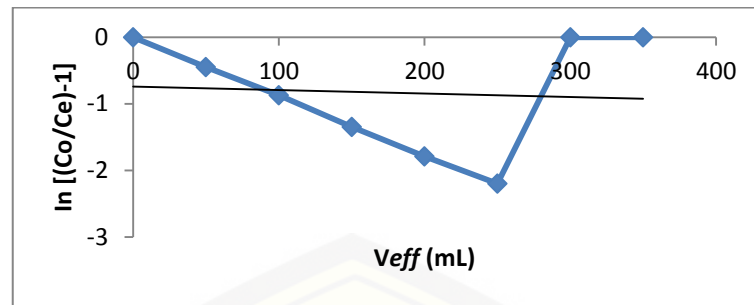
Data Absorbansi Pengenceran 5 kali				Ce (M)	Fp	Ce*Fp (M)	V _{eff} (mL)	Ce/Co	(Co/Ce)-1	ln [(Co/Ce)-1]
1	2	3	Rata-rata							
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
0,262	0,263	0,262	0,262	1,22	5	6,09	50	0,61	0,64	-0,45
0,303	0,303	0,302	0,303	1,41	5	7,04	100	0,70	0,42	-0,87
0,339	0,340	0,340	0,340	1,59	5	7,94	150	0,79	0,26	-1,35
0,363	0,364	0,369	0,365	1,71	5	8,55	200	0,85	0,17	-1,79
0,383	0,387	0,384	0,385	1,80	5	9,00	250	0,90	0,11	-2,20
0,446	0,446	0,447	0,446	2,09	5	10,45	300	1,04	-0,04	∞
0,446	0,447	0,446	0,446	2,09	5	10,45	350	1,04	-0,04	∞

Ket: Ce = konsentrasi larutan rhodamin b setelah melewati kolom (efluen)

Fp = faktor pengencer

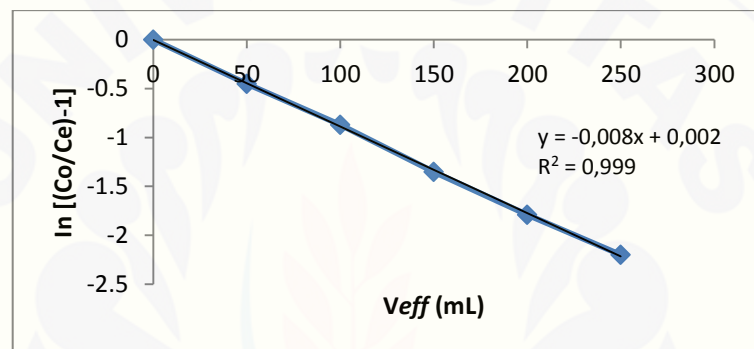
V_{eff} = volume efluen

Ce/Co = konsentrasi efluen dibagi konsentrasi influen



Gambar 4.1 Grafik $\ln[Co/Ce]-1$ versus volume efluen (V_{eff})

Persamaan grafik diperoleh dari grafik linier yang diturunkan oleh grafik pada gambar 4.1 dengan volume yang tercapai sebesar 250 mL.



Gambar 4.2 Grafik linier $\ln[Co/Ce]-1$ versus volume efluen (V_{eff})

- a. Perhitungan Nilai Konstanta Laju Thomas (K_a)

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

$$y = C + m X$$

$$y = -0,008x + 0,002$$

dengan

$$\text{Laju alir efluen (Q)} = 8 \times 10^{-5} \text{ L/menit}$$

$$\text{Konsentrasi influen (C}_o\text{)} = 10 \text{ mg/L}$$

$$\text{Gradien (m)} = \frac{y}{x} = \frac{1}{mL} = \frac{1}{0,001 L}$$

Sehingga nilai gradien (m) digunakan untuk menentukan nilai konstanta laju Thomas

$$m = - \frac{KTh C_o}{Q}$$

$$\begin{aligned}
 -0,008 \frac{1}{0,001 L} &= - \frac{KTh \times 10 \frac{mg}{L}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}} \\
 \frac{8}{L} &= \frac{KTh \times 10 \frac{mg}{L}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}} \\
 10 \frac{mg}{L} \cdot L \cdot KTh &= 8 \times 8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit} \\
 KTh &= \frac{6,4 \times 10^{-4} \frac{L}{menit}}{10 mg} \\
 KTh &= 6,4 \times 10^{-5} \frac{L}{menit \cdot mg}
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Nilai Kapasitas Adsorpsi Kolom

Nilai intersept grafik digunakan untuk menentukan nilai kapasitas adsorpsi

$$\text{Massa adsorben (M)} = 0,1 \text{ gram}$$

$$\text{Laju alir efluen (Q)} = 8 \times 10^{-5} \text{ L/menit}$$

$$\text{Konsentrasi efluen (Co)} = 10 \text{ mg/L}$$

Sehingga

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas adsorpsi (C)} &= \frac{KTh \cdot q_0 \cdot M}{Q} \\
 0,002 &= \frac{6,4 \times 10^{-5} \frac{L}{menit \cdot mg} \times q_0 \times 0,1 \text{ g}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}
 \end{aligned}$$

$$6,4 \times 10^{-6} \frac{g \cdot L}{menit \cdot mg} \times q_0 = 1,6 \times 10^{-7} \frac{L}{menit}$$

$$q_0 = \frac{1,6 \times 10^{-7} \frac{L}{menit}}{6,4 \times 10^{-6} \frac{g \cdot L}{menit \cdot mg}} = 0,025 \text{ mg/g}$$

Kapasitas adsorpsi tersebut menunjukkan bahwa setiap 1 gram hemiselulosa dapat menyerap 0,025 mg Rhodamin B.

4.2.2 Massa Adsorben 0,2 g

Data penentuan kapasitas adsorpsi dengan variasi massa hemiselulosa 0,2 gram

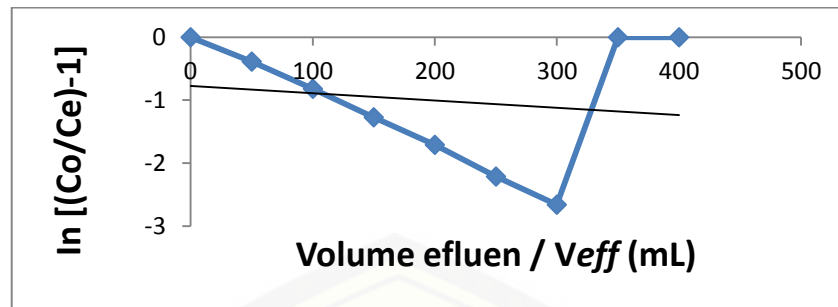
Data Absorbansi Pengenceran 5 kali				Ce (M)	Fp	Ce*Fp (M)	V _{eff} (mL)	Ce/Co	(Co/Ce)- 1	ln [(Co/Ce)- 1]
1	2	3	Rata-rata							
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
0,257	0,255	0,256	0,256	1,19	5	5,95	50	0,59	0,68	-0,39
0,298	0,298	0,297	0,298	1,39	5	6,94	100	0,69	0,44	-0,82
0,334	0,335	0,334	0,334	1,56	5	7,81	150	0,78	0,28	-1,27
0,361	0,362	0,362	0,362	1,69	5	8,47	200	0,85	0,18	-1,71
0,389	0,388	0,389	0,389	1,80	5	9,00	250	0,90	0,11	-2,21
0,400	0,401	0,401	0,401	1,87	5	9,35	300	0,93	0,07	-2,66
0,447	0,446	0,447	0,447	2,09	5	10,45	350	1,04	-0,04	∞
0,446	0,446	0,447	0,446	2,09	5	10,45	400	1,04	-0,04	∞

Ket: Ce = konsentrasi larutan rhodamin b setelah melewati kolom (efluen)

Fp = faktor pengencer

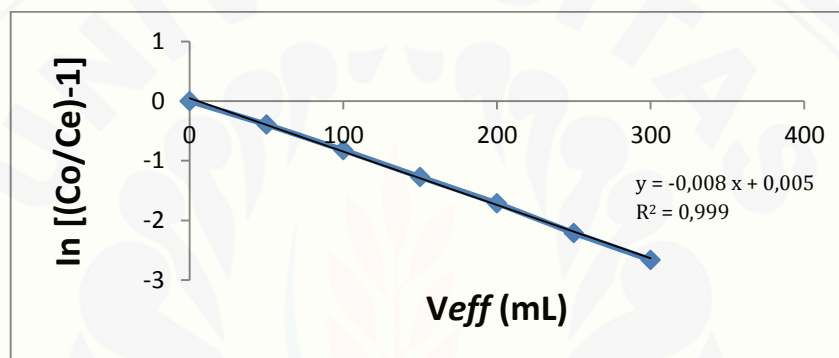
V_{eff} = volume efluen

Ce/Co = konsentrasi efluen dibagi konsentrasi influen



Gambar 4.3 Grafik $\ln[(Co/Ce)-1]$ versus volume efluen (V_{eff})

Persamaan grafik diperoleh dari grafik linier yang diturunkan oleh grafik pada gambar 4.3 dengan volume yang tercapai sebesar 300 mL.



Gambar 4.4 Grafik linier $\ln[(Co/Ce)-1]$ versus volume efluen (V_{eff})

- a. Perhitungan Nilai Konstanta Laju Thomas (K_a)

$$\ln\left(\frac{Co}{Ce} - 1\right) = \frac{KTh q_0 M}{Q} - \frac{KTh Co}{Q} V_{eff}$$

$$y = C + mX$$

$$y = -0,008x + 0,005$$

dengan

$$\text{Laju alir efluen (Q)} = 8 \times 10^{-5} \text{ L/menit}$$

$$\text{Laju alir efluen (Co)} = 10 \text{ mg/L}$$

$$\text{Gradien (m)} = \frac{y}{x} = \frac{1}{mL} = \frac{1}{0,001 L}$$

Sehingga nilai gradien (m) digunakan untuk menentukan nilai konstanta laju Thomas

$$m = - \frac{KTh Co}{Q}$$

$$-0,008 \frac{1}{0,001 L} = - \frac{KTh \times 10 \frac{mg}{L}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}$$

$$\frac{8}{L} = \frac{KTh \times 10 \frac{mg}{L}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}$$

$$10 \text{ mg/L.L } KTh = 8 \times 8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}$$

$$KTh = \frac{6,4 \times 10^{-4} \frac{L}{menit}}{10 \text{ mg}}$$

$$KTh = 6,4 \times 10^{-5} \frac{L}{menit \cdot mg}$$

b. Perhitungan Nilai Kapasitas Adsorpsi Kolom

Nilai intersept grafik digunakan untuk menentukan nilai kapasitas adsorpsi

$$\text{Massa adsorben (M)} = 0,2 \text{ gram}$$

$$\text{Laju alir efluen (Q)} = 8 \times 10^{-5} \text{ L/menit}$$

$$\text{Konsentrasi influen (Co)} = 10 \text{ mg/L}$$

Sehingga

$$\text{Kapasitas adsorpsi (C)} = \frac{KTh \cdot q_0 \cdot M}{Q}$$

$$0,005 = \frac{6,4 \times 10^{-5} \frac{L}{menit \cdot mg} \times q_0 \times 0,2 \text{ g}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}$$

$$1,28 \times 10^{-5} \frac{g \cdot L}{menit \cdot mg} \times q_0 = 4,0 \times 10^{-7} \frac{L}{menit}$$

$$q_0 = \frac{4,0 \times 10^{-7} \frac{L}{menit}}{1,28 \times 10^{-5} \frac{g \cdot L}{menit \cdot mg}} = 0,031 \text{ mg/g}$$

Kapasitas adsorpsi tersebut menunjukkan bahwa setiap 1 gram hemiselulosa dapat menyerap 0,031 mg Rhodamin B.

4.2.3 Massa Adsorben 0,3 g

Data penentuan kapasitas adsorpsi dengan variasi massa hemiselulosa 0,3 gram

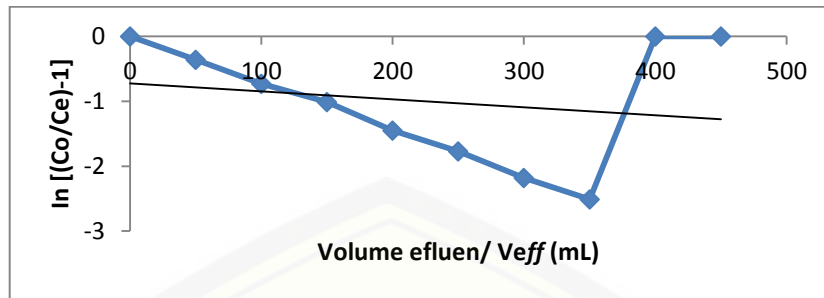
Data Absorbansi Pengenceran 5 kali				Ce	Fp	Ce*Fp	Veff	Ce/Co	(Co/Ce)-1	In [(Co/Ce)-1]
1	2	3	Rata-rata	(M)			(mL)			
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
0,252	0,252	0,251	0,252	1,17	5	5,88	50	0,59	0,70	-0,36
0,290	0,289	0,289	0,289	1,35	5	6,76	100	0,67	0,48	-0,73
0,315	0,314	0,315	0,315	1,47	5	7,35	150	0,73	0,36	-1,01
0,348	0,350	0,349	0,349	1,63	5	8,13	200	0,81	0,23	-1,45
0,366	0,365	0,366	0,366	1,71	5	8,55	250	0,85	0,17	-1,77
0,383	0,384	0,386	0,384	1,80	5	9,00	300	0,9	0,11	-2,18
0,395	0,395	0,396	0,395	1,85	5	9,26	350	0,93	0,08	-2,51
0,447	0,446	0,446	0,446	2,09	5	10,45	400	1,04	-0,04	∞
0,446	0,446	0,447	0,446	2,09	5	10,45	450	1,04	-0,04	∞

Ket : Ce = konsentrasi larutan rhodamin b setelah melewati kolom (efluen)

Fp = faktor pengencer

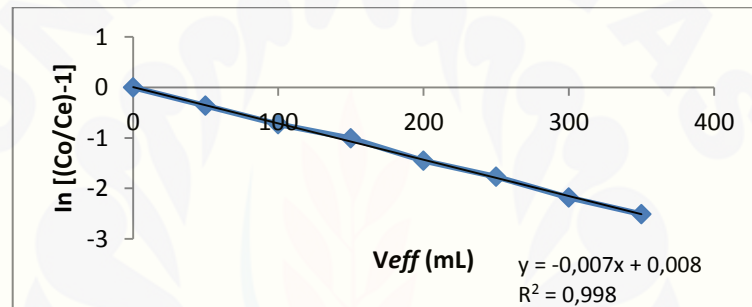
V_{eff} = volume efluen

Ce/Co = konsentrasi efluen dibagi konsentrasi influen



Gambar 4.5 Grafik $\ln[(Co/Ce)-1]$ versus volume efluen (V_{eff})

Persamaan grafik diperoleh dari grafik linier yang diturunkan oleh grafik pada gambar 4.5 dengan volume yang tercapai sebesar 350 mL.



Gambar 4.6 Grafik linier $\ln[(Co/Ce)-1]$ versus volume efluen (V_{eff})

a. Perhitungan Nilai Konstanta Laju Thomas (K_a)

$$\ln\left(\frac{Co}{Ce} - 1\right) = \frac{KTh\ qo\ M}{Q} - \frac{KTh\ Co}{Q} V_{eff}$$

$$y = C + mX$$

$$y = -0,007x + 0,008$$

dengan

$$\text{Laju alir efluen (Q)} = 8 \times 10^{-5} \text{ L/menit}$$

$$\text{Konsentrasi efluen (Co)} = 10 \text{ mg/L}$$

$$\text{Gradien (m)} = \frac{y}{x} = \frac{1}{mL} = \frac{1}{0,001 L}$$

Sehingga nilai gradien (m) digunakan untuk menentukan nilai konstanta laju Thomas.

$$m = - \frac{KTh\ Co}{Q}$$

$$-0,007 \frac{1}{0,001 L} = - \frac{KTh \times 10 \frac{mg}{L}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}$$

$$\frac{7}{L} = \frac{KTh \times 10 \frac{mg}{L}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}$$

$$10 \text{ mg/L.L } KTh = 7 \times 8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}$$

$$KTh = \frac{5,6 \times 10^{-4} \frac{L}{menit}}{10 \text{ mg}}$$

$$KTh = 5,6 \times 10^{-5} \frac{L}{menit \cdot mg}$$

b. Perhitungan Nilai Kapasitas Adsorpsi Kolom

Nilai intersept grafik digunakan untuk menentukan nilai kapasitas adsorpsi

$$\text{Massa adsorben (M)} = 0,3 \text{ gram}$$

$$\text{Laju alir efluen (Q)} = 8 \times 10^{-5} \text{ L/menit}$$

$$\text{Konsentrasi efluen (Co)} = 10 \text{ mg/L}$$

Sehingga

$$\text{Kapasitas adsorpsi (C)} = \frac{KTh \cdot q_0 \cdot M}{Q}$$

$$0,008 = \frac{5,6 \times 10^{-5} \frac{L}{menit \cdot mg} \times q_0 \times 0,3 \text{ g}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}$$

$$1,68 \times 10^{-5} \frac{g \cdot L}{menit \cdot mg} \times q_0 = 6,4 \times 10^{-7} \frac{L}{menit}$$

$$q_0 = \frac{6,4 \times 10^{-7} \frac{L}{menit}}{1,68 \times 10^{-5} \frac{g \cdot L}{menit \cdot mg}} = 0,038 \text{ mg/g}$$

Kapasitas adsorpsi tersebut menunjukkan bahwa setiap 1 gram hemiselulosa dapat menyerap 0,038 mg Rhodamin B.

4.2.4 Massa Adsorben 0,4 g

Data penentuan kapasitas adsorpsi dengan variasi massa hemiselulosa 0,4 gram

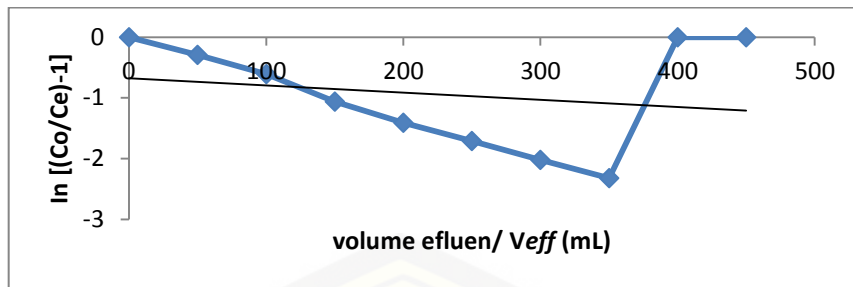
Data Absorbansi Pengenceran 5 kali				Ce	Fp	Ce*Fp	Veff (mL)	Ce/Co	(Co/Ce)-1	ln [(Co/Ce)-1]
1	2	3	Rata-rata							
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
0,245	0,246	0,245	0,245	1,14	5	5,70	50	0,57	0,75	-0,29
0,278	0,279	0,277	0,278	1,29	5	6,45	100	0,64	0,55	-0,60
0,316	0,317	0,317	0,317	1,48	5	7,41	150	0,74	0,35	-1,06
0,345	0,344	0,345	0,345	1,61	5	8,06	200	0,81	0,24	-1,41
0,361	0,362	0,362	0,362	1,69	5	8,47	250	0,85	0,18	-1,71
0,377	0,378	0,378	0,378	1,77	5	8,85	300	0,88	0,13	-2,02
0,390	0,391	0,390	0,390	1,82	5	9,09	350	0,91	0,10	-2,32
0,447	0,446	0,446	0,446	2,09	5	10,45	400	1,04	-0,04	∞
0,446	0,446	0,447	0,446	2,09	5	10,45	450	1,04	-0,04	∞

Ket: Ce = konsentrasi larutan rhodamin b setelah melewati kolom (efluen)

F = faktor pengencer

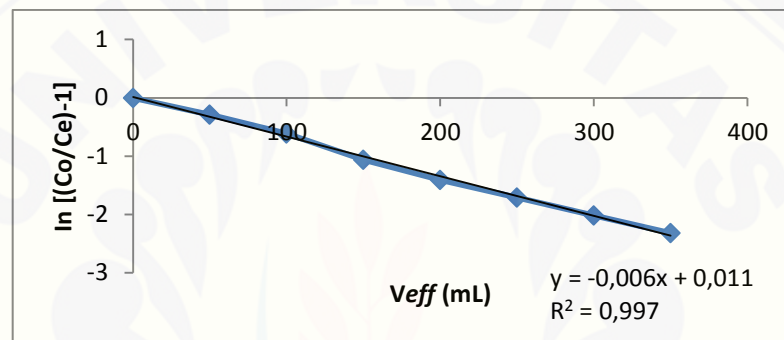
V_{eff} = volume efluen

Ce/Co = konsentrasi efluen dibagi konsentrasi influen



Gambar 4.7 Grafik $\ln[Co/Ce]-1$ versus volume efluen (V_{eff})

Persamaan grafik diperoleh dari grafik linier yang diturunkan oleh grafik pada gambar 4.7 dengan volume yang tercapai sebesar 350 mL.



Gambar 4.8 Grafik linier $\ln[Co/Ce]-1$ versus volume efluen (V_{eff})

a. Perhitungan Nilai Konstanta Laju Thomas (K_a)

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

$$y = C + mX$$

$$y = -0,006x + 0,011$$

$$\text{Laju alir efluen (Q)} = 8 \times 10^{-5} \text{ L/menit}$$

$$\text{Konsentrasi efluen (Co)} = 10 \text{ mg/L}$$

$$\text{Gradien (m)} = \frac{y}{x} = \frac{1}{mL} = \frac{1}{0,001 L}$$

Sehingga nilai gradien (m) digunakan untuk menentukan nilai konstanta laju Thomas

$$mX = - \frac{KTh C_o}{Q}$$

$$-0,006 \frac{1}{0,001 L} = - \frac{KTh \times 10 \frac{mg}{L}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}$$

$$\frac{6}{L} = \frac{KTh \times 10 \frac{mg}{L}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}$$

$$10 \text{ mg/L.L KTh} = 6 \times 8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}$$

$$KTh = \frac{4,8 \times 10^{-4} \frac{L}{menit}}{10 \text{ mg}}$$

$$KTh = 4,8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit.mg}$$

b. Perhitungan Nilai Kapasitas Adsorpsi Kolom

Nilai intersept grafik digunakan untuk menentukan nilai kapasitas adsorpsi

$$\text{Massa adsorben (M)} = 0,4 \text{ gram}$$

$$\text{Laju alir efluen (Q)} = 8 \times 10^{-5} \text{ L/menit}$$

$$\text{Konsentrasi efluen (Co)} = 10 \text{ mg/L}$$

Sehingga

$$\text{Kapasitas adsorpsi (C)} = \frac{KTh \ q_0 \ M}{Q}$$

$$0,011 = \frac{4,8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit.mg} \times q_0 \times 0,4 \text{ g}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}$$

$$1,92 \times 10^{-5} \frac{g.L}{menit.mg} \times q_0 = 8,8 \times 10^{-7} \frac{L}{menit}$$

$$q_0 = \frac{8,8 \times 10^{-7} \frac{L}{menit}}{1,92 \times 10^{-5} \frac{g.L}{menit.mg}} = 0,045 \text{ mg/g}$$

Kapasitas adsorpsi tersebut menunjukkan bahwa setiap 1 gram hemiselulosa dapat menyerap 0,045 mg Rhodamin B.

4.2.5 Massa Adsorben 0,5 g

Data penentuan kapasitas adsorpsi dengan variasi massa hemiselulosa 0,5 gram

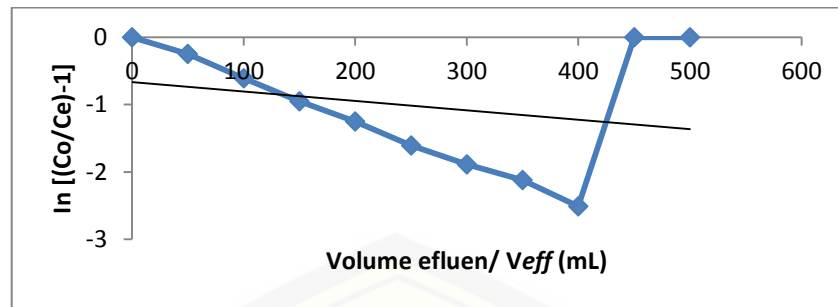
Data Absorbansi Pengenceran 5 kali				Ce	Fp	Ce*Fp	Veff (mL)	Ce/Co	(Co/Ce)-1	In [(Co/Ce)-1]
1	2	3	Rata-rata							
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
0,240	0,241	0,241	0,241	1,12	5	5,60	50	0,56	0,78	-0,25
0,276	0,277	0,278	0,277	1,30	5	6,50	100	0,65	0,54	-0,61
0,308	0,307	0,308	0,309	1,44	5	7,20	150	0,72	0,39	-0,95
0,332	0,332	0,331	0,332	1,55	5	7,75	200	0,75	0,29	-1,25
0,347	0,346	0,348	0,347	1,67	5	8,35	250	0,84	0,20	-1,61
0,371	0,372	0,372	0,372	1,74	5	8,70	300	0,87	0,15	-1,89
0,381	0,383	0,382	0,383	1,79	5	8,95	350	0,89	0,12	-2,12
0,395	0,394	0,395	0,395	1,85	5	9,25	400	0,95	0,08	-2,51
0,447	0,446	0,446	0,446	2,09	5	10,45	450	1,04	-0,04	∞
0,446	0,446	0,447	0,446	2,09	5	10,45	500	1,04	-0,04	∞

Ket: Ce = konsentrasi larutan rhodamin b setelah melewati kolom (efluen)

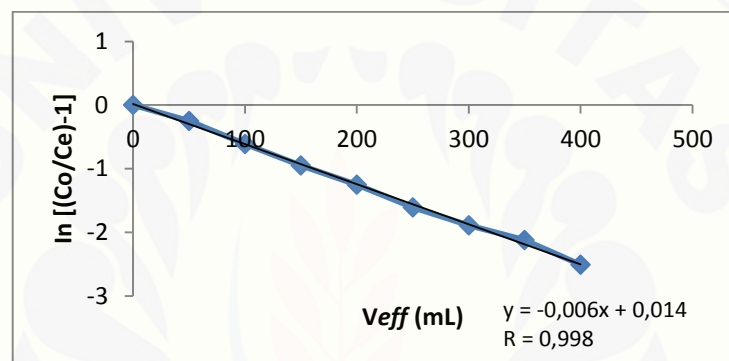
Fp = faktor pengencer

Veff = volume efluen

Ce/Co = konsentrasi efluen dibagi konsentrasi influen

Gambar 4.9 Grafik $\ln[\text{Co}/\text{Ce}]-1$ versus volume efluen (V_{eff})

Persamaan grafik diperoleh dari grafik linier yang diturunkan oleh grafik pada gambar 4.9 dengan volume yang tercapai sebesar 400 mL.

Gambar 4.10 Grafik linier $\ln[\text{Co}/\text{Ce}]-1$ versus volume efluen (V_{eff})

- a. Perhitungan Nilai Konstanta Laju Thomas (K_a)

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

$$y = C + mX$$

$$y = -0,006x + 0,014$$

dengan

$$\text{Laju alir efluen (Q)} = 8 \times 10^{-5} \text{ L/menit}$$

$$\text{Konsentrasi efluen (Co)} = 10 \text{ mg/L}$$

$$\text{Gradien (m)} = \frac{y}{x} = \frac{1}{mL} = \frac{1}{0,001 \text{ L}}$$

Sehingga nilai gradien (m) digunakan untuk menentukan nilai konstanta laju Thomas

$$m = - \frac{K_{Th} C_o}{Q}$$

$$-0,006 \frac{1}{0,001 L} = - \frac{KTh \times 10 \frac{mg}{L}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}$$

$$0,006 = \frac{KTh \times 10 \frac{mg}{L}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}$$

$$10 \text{ mg/L.L } KTh = 6 \times 8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}$$

$$KTh = \frac{4,8 \times 10^{-4} \frac{L}{menit}}{10 \text{ mg}}$$

$$KTh = 4,8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit \cdot mg}$$

b. Perhitungan Nilai Kapasitas Adsorpsi Kolom

Nilai intersept grafik digunakan untuk menentukan nilai kapasitas adsorpsi

$$\text{Massa adsorben (M)} = 0,5 \text{ gram}$$

$$\text{Laju alir efluen (Q)} = 8 \times 10^{-5} \text{ L/menit}$$

$$\text{Konsentrasi efluen (Co)} = 10 \text{ mg/L}$$

Sehingga

$$\text{Kapasitas adsorpsi (C)} = \frac{KTh \cdot q_0 \cdot M}{Q}$$

$$0,014 = \frac{4,8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit \cdot mg} \times q_0 \times 0,5 \text{ g}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}$$

$$2,4 \times 10^{-5} \frac{g \cdot L}{menit \cdot mg} \times q_0 = 1,12 \times 10^{-6} \frac{L}{menit}$$

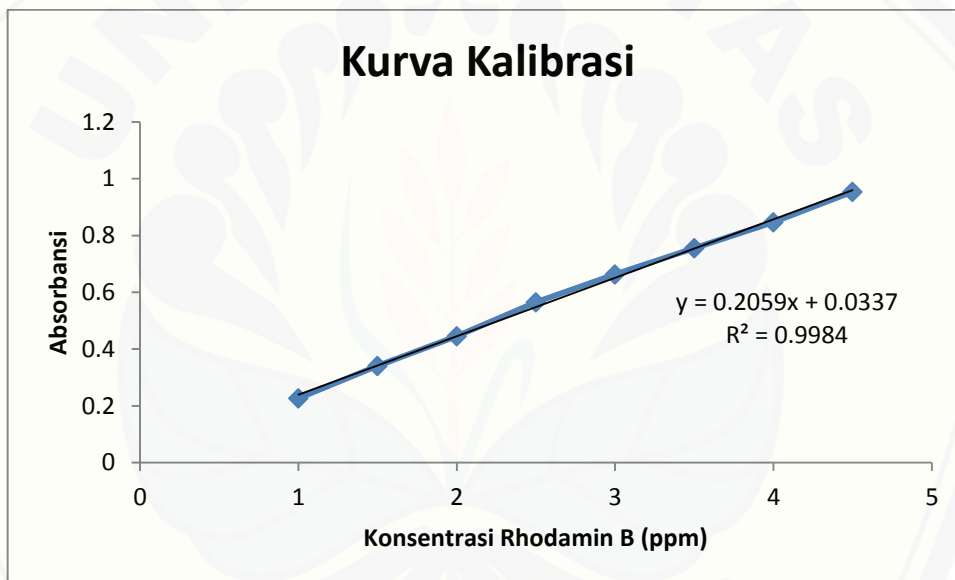
$$q_0 = \frac{1,12 \times 10^{-6} \frac{L}{menit}}{2,4 \times 10^{-5} \frac{g \cdot L}{menit \cdot mg}} = 0,047 \text{ mg/g}$$

Kapasitas adsorpsi tersebut menunjukkan bahwa setiap 1 gram hemiselulosa dapat menyerap 0,047 mg Rhodamin B.

**Lampiran 4.3. Data dan Kurva Kalibrasi Larutan Standart Rhodamin B
untuk Optimasi pH Larutan Influen**

4.3.1 Data Absorbansi Larutan Standar Rhodamin B 1-4 ppm

Konsentrasi Rhodamin B (ppm)	Absorbansi
1,0	0,227
1,5	0,341
2,0	0,446
2,5	0,565
3,0	0,663
3,5	0,756
4,0	0,847
4,5	0,954



Gambar 4.6 Kurva kalibrasi larutan standar Rhodamin B untuk optimasi pH adsorben

Lampiran 4.4 Data Penentuan Kapasitas Adsorpsi Hemiselulosa dengan Variasi pH Influen

4.4.1 Influen pH 3,96

Data penentuan kapasitas adsorpsi dengan variasi influen pH 3,96

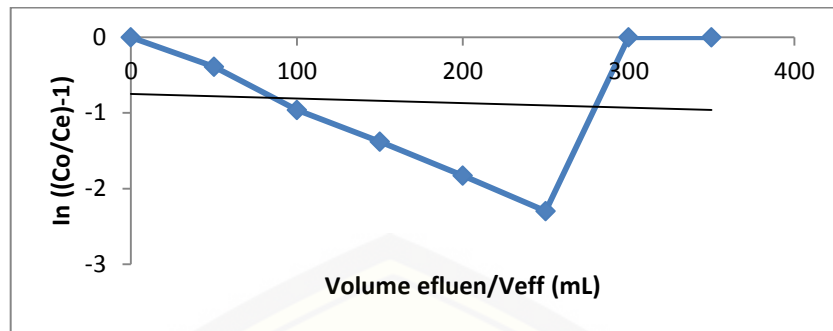
Data Absorbansi Pengenceran 5 kali				Ce (M)	Fp	Ce*Fp (M)	Volume (mL)	Ce/Co	(Co/Ce)- 1	In [(Co/Ce)- 1]
1	2	3	Rata-rata							
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
0,277	0,277	0,278	0,277	1,19	5	5,95	50	0,59	0,68	-0,39
0,331	0,330	0,330	0,330	1,45	5	7,25	100	0,73	0,38	-0,96
0,362	0,360	0,361	0,361	1,60	5	8,00	150	0,80	0,25	-1,38
0,388	0,386	0,385	0,386	1,72	5	8,60	200	0,86	0,16	-1,83
0,403	0,403	0,405	0,404	1,81	5	9,05	250	0,91	0,10	-2,30
0,446	0,447	0,446	0,446	2,01	5	10,05	300	1,01	-0,01	∞
0,447	0,446	0,446	0,446	2,01	5	10,05	350	1,01	-0,01	∞

Ket: Ce = konsentrasi larutan rhodamin b setelah melewati kolom (efluen)

Fp = faktor pengencer

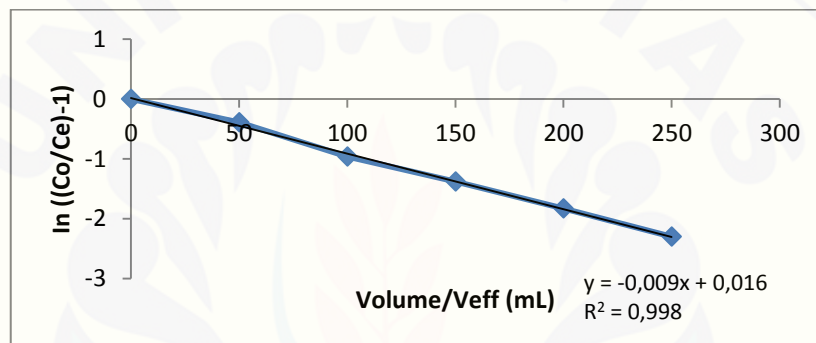
V_{eff} = volume efluen

Ce/Co = konsentrasi efluen dibagi konsentrasi influen



Gambar 4.11 Grafik $\ln[Co/Ce]-1$ versus volume efluen (V_{eff})

Persamaan grafik diperoleh dari grafik linier yang diturunkan oleh grafik pada gambar 4.11 dengan volume yang tercapai sebesar 250 mL.



Gambar 4.12 Grafik linier $\ln[Co/Ce]-1$ versus volume efluen (V_{eff})

a. Perhitungan Nilai Konstanta Laju Thomas (K_a)

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

$$y = C + mX$$

$$y = -0,009x + 0,016$$

dengan

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

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

$$\text{Gradien (m)} = \frac{y}{x} = \frac{1}{mL} = \frac{1}{0,001 L}$$

Sehingga nilai gradien (m) digunakan untuk menentukan nilai konstanta laju Thomas

$$m = - \frac{KTh C_o}{Q}$$

$$-0,009 \frac{1}{0,001 L} = - \frac{KTh \times 10 \frac{mg}{L}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}$$

$$\frac{9}{L} = \frac{KTh \times 10 \frac{mg}{L}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}$$

$$10 \text{ mg/L.L} \quad KTh = 9 \times 8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}$$

$$KTh = \frac{7,2 \times 10^{-4} \frac{L}{menit}}{10 \text{ mg}}$$

$$KTh = 7,2 \times 10^{-5} \frac{L}{menit \cdot mg}$$

b. Perhitungan Nilai Kapasitas Adsorpsi Kolom

Nilai intersept grafik digunakan untuk menentukan nilai kapasitas adsorpsi

$$\text{Massa adsorben (M)} = 0,5 \text{ gram}$$

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

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

Sehingga

$$C = \frac{KTh \cdot q_0 \cdot M}{Q}$$

$$0,016 = \frac{7,2 \times 10^{-5} \frac{L}{menit \cdot mg} \times q_0 \times 0,5 \text{ g}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}$$

$$3,6 \times 10^{-5} \frac{g \cdot L}{menit \cdot mg} \times q_0 = 1,28 \times 10^{-6} \frac{L}{menit}$$

$$q_0 = \frac{1,28 \times 10^{-6} \frac{L}{menit}}{3,6 \times 10^{-5} \frac{g \cdot L}{menit \cdot mg}} = 0,035 \text{ mg/g}$$

Kapasitas adsorpsi tersebut menunjukkan bahwa setiap 1 gram hemiselulosa dapat menyerap 0,035 mg Rhodamin B.

4.4.2 Influen pH 5,38

Data penentuan kapasitas adsorpsi dengan variasi influen pH 5,38

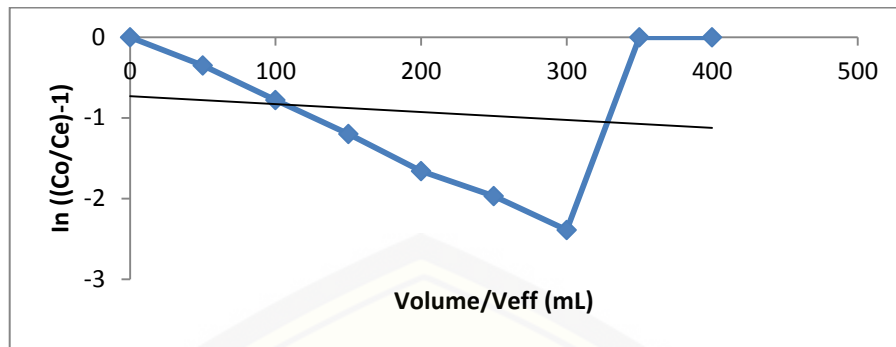
Data Absorbansi Pengenceran 5 kali				Ce (M)	Fp	Ce*Fp (M)	V _{eff} (mL)	Ce/Co	(Co/Ce)- 1	ln [(Co/Ce)- 1]
1	2	3	Rata-rata							
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
0,272	0,273	0,273	0,273	1,17	5	5,85	50	0,58	0,70	-0,35
0,312	0,314	0,315	0,314	1,37	5	6,85	100	0,68	0,46	-0,78
0,349	0,348	0,349	0,349	1,54	5	7,70	150	0,77	0,30	-1,2
0,376	0,377	0,377	0,377	1,68	5	8,40	200	0,84	0,19	-1,66
0,392	0,392	0,393	0,392	1,75	5	8,75	250	0,87	0,14	-1,97
0,407	0,406	0,408	0,407	1,82	5	9,10	300	0,91	0,09	-2,39
0,446	0,447	0,446	0,446	2,01	5	10,05	350	1,01	-0,01	∞
0,447	0,446	0,446	0,446	2,01	5	10,05	400	1,01	-0,01	∞

Ket: Ce = konsentrasi larutan rhodamin b setelah melewati kolom (efluen)

Fp = faktor pengencer

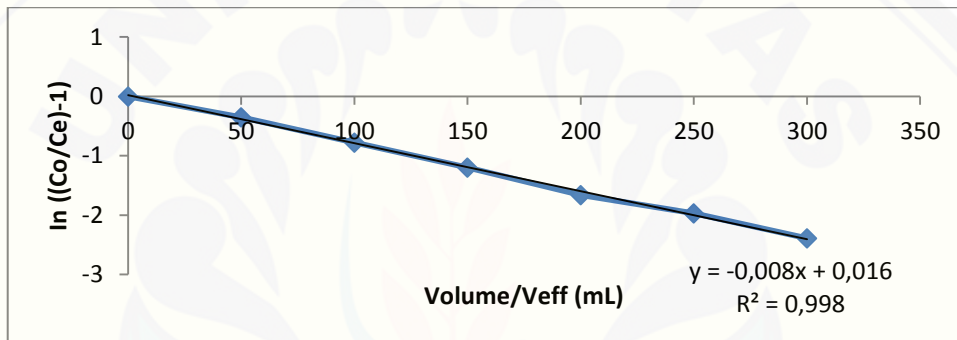
V_{eff} = volume efluen

Ce/Co = konsentrasi efluen dibagi konsentrasi influen



Gambar 4.13 Grafik ln[Co/Ce]-1 versus volume efluen (V_{eff})

Persamaan grafik diperoleh dari grafik linier yang diturunkan oleh grafik pada gambar 4.13 dengan volume yang tercapai sebesar 300 mL.



Gambar 4.14 Grafik linier ln[Co/Ce]-1 versus volume efluen (V_{eff})

a. Perhitungan Nilai Konstanta Laju Thomas (K_a)

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

$$y = C + mX$$

$$y = -0,008x + 0,016$$

dengan

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

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

$$\text{Gradien (m)} = \frac{y}{x} = \frac{1}{mL} = \frac{1}{0,001 L}$$

Sehingga nilai gradien (m) digunakan untuk menentukan nilai konstanta laju Thomas

$$m = - \frac{K_{Th} C_o}{Q}$$

$$-0,008 \frac{1}{0,001 L} = - \frac{KTh \times 10 \frac{mg}{L}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}$$

$$\frac{8}{L} = \frac{KTh \times 10 \frac{mg}{L}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}$$

$$10 \text{ mg/L.L} \quad KTh = 8 \times 8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}$$

$$KTh = \frac{6,4 \times 10^{-4} \frac{L}{menit}}{10 \text{ mg}}$$

$$KTh = 6,4 \times 10^{-5} \frac{L}{menit \cdot mg}$$

b. Perhitungan Nilai Kapasitas Adsorpsi Kolom

Nilai intersept grafik digunakan untuk menentukan nilai kapasitas adsorpsi

$$\text{Massa adsorben (M)} = 0,5 \text{ gram}$$

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

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

Sehingga

$$C = \frac{KTh \cdot q_0 \cdot M}{Q}$$

$$0,016 = \frac{6,4 \times 10^{-5} \frac{L}{menit \cdot mg} \times q_0 \times 0,5 \text{ g}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}$$

$$3,2 \times 10^{-5} \frac{g \cdot L}{menit \cdot mg} \times q_0 = 1,28 \times 10^{-6} \frac{L}{menit}$$

$$q_0 = \frac{1,28 \times 10^{-6} \frac{L}{menit}}{3,2 \times 10^{-5} \frac{g \cdot L}{menit \cdot mg}} = 0,040 \text{ mg/g}$$

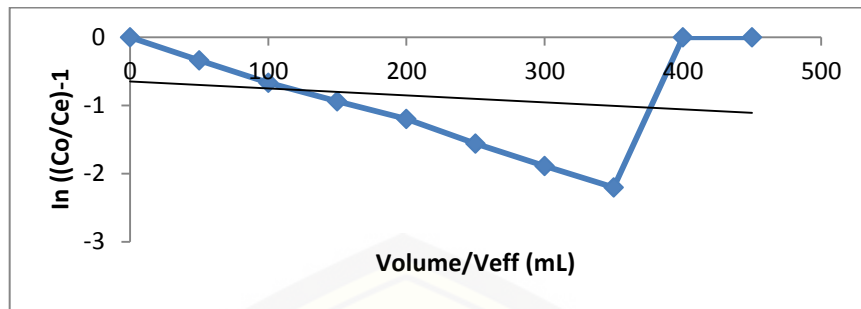
Kapasitas adsorpsi tersebut menunjukkan bahwa setiap 1 gram hemiselulosa dapat menyerap 0,040 mg Rhodamin B.

4.4.3 Influen pH 6,31

Data penentuan kapasitas adsorpsi dengan variasi influen pH 6,31

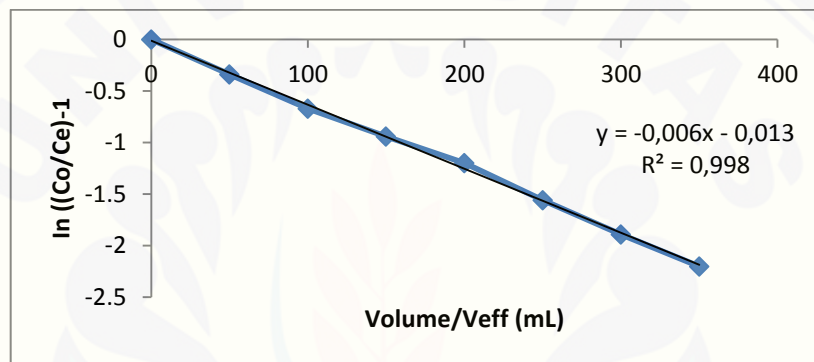
Data Absorbansi Pengenceran 5 kali				Ce	Faktor Pengencer (Fp)	Ce*Fp	V _{eff} (mL)	Ce/Co	(Co/Ce)-1	ln [(Co/Ce)-1]
1	2	3	Rata-rata							
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
0,272	0,273	0,273	0,273	1,17	5	5,85	50	0,58	0,71	-0,34
0,304	0,303	0,304	0,304	1,32	5	6,60	100	0,66	0,51	-0,67
0,328	0,327	0,329	0,328	1,44	5	7,20	150	0,72	0,39	-0,94
0,350	0,349	0,348	0,349	1,54	5	7,70	200	0,77	0,30	-1,20
0,371	0,371	0,372	0,371	1,65	5	8,25	250	0,83	0,21	-1,56
0,390	0,391	0,390	0,390	1,74	5	8,70	300	0,87	0,15	-1,89
0,402	0,403	0,401	0,402	1,80	5	9,00	350	0,90	0,11	-2,20
0,446	0,447	0,446	0,446	2,01	5	10,05	400	1,01	-0,01	∞
0,447	0,446	0,446	0,446	2,01	5	10,05	450	1,01	-0,01	∞

- Ket: Ce = konsentrasi larutan rhodamin b setelah melewati kolom (efluen)
 Fp = faktor pengencer
 V_{eff} = volume efluen
 Ce/Co = konsentrasi efluen dibagi konsentrasi influen



Gambar 4.15 Grafik $\ln[\text{Co}/\text{Ce}]-1$ versus volume efluen (V_{eff})

Persamaan grafik diperoleh dari grafik linier yang diturunkan oleh grafik pada gambar 4.15 dengan volume yang tercapai sebesar 350 mL.



Gambar 4.16 Grafik linier $\ln[\text{Co}/\text{Ce}]-1$ versus volume efluen (V_{eff})

- a. Perhitungan Nilai Konstanta Laju Thomas (K_a)

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

$$y = C + mX$$

$$y = -0,006x + 0,013$$

dengan

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

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

$$\text{Gradien (m)} = \frac{y}{x} = \frac{1}{mL} = \frac{1}{0,001 L}$$

Sehingga nilai gradien (m) digunakan untuk menentukan nilai konstanta laju Thomas

$$m = -\frac{K_{Th} C_o}{Q} V_{eff}$$

$$\begin{aligned}
 -0,006 \frac{1}{0,001 L} &= - \frac{KTh \times 10 \frac{mg}{L}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}} \\
 \frac{6}{L} &= \frac{KTh \times 10 \frac{mg}{L}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}} \\
 10 \text{ mg. KTh} &= 6 \times 8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit} \\
 KTh &= \frac{4,8 \times 10^{-4} \frac{L}{menit}}{10 \text{ mg}} \\
 KTh &= 4,8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit \cdot mg}
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Nilai Kapasitas Adsorpsi Kolom

Nilai intersept grafik digunakan untuk menentukan nilai kapasitas adsorpsi

$$\begin{aligned}
 \text{Massa adsorben (M)} &= 0,5 \text{ gram} \\
 Q &= 8 \times 10^{-5} \text{ L/menit} \\
 C_0 &= 10 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Sehingga

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{KTh \cdot q_0 \cdot M}{Q} \\
 0,013 &= \frac{4,8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit \cdot mg} \times q_0 \times 0,5 \text{ g}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}} \\
 2,4 \times 10^{-5} \frac{g \cdot L}{menit \cdot mg} \times q_0 &= 1,04 \times 10^{-6} \frac{L}{menit} \\
 q_0 &= \frac{1,04 \times 10^{-6} \frac{L}{menit}}{2,4 \times 10^{-5} \frac{g \cdot L}{menit \cdot mg}} = 0,043 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

Kapasitas adsorpsi tersebut menunjukkan bahwa setiap 1 gram hemiselulosa dapat menyerap 0,043 mg Rhodamin B.

4.4.4 Influen pH 7,34

Data penentuan kapasitas adsorpsi dengan variasi influen pH 7,34

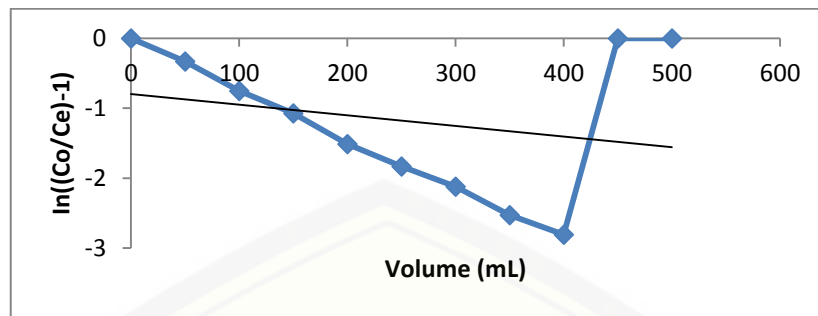
Data Absorbansi Pengenceran 5 kali				Ce (M)	Fp	Ce*Fp (M)	V _{eff} (mL)	Ce/Co	(Co/Ce)- 1	ln [(Co/Ce)- 1]
1	2	3	Rata-rata							
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
0,271	0,270	0,272	0,271	1,16	5	5,80	50	0,58	0,72	-0,33
0,311	0,312	0,312	0,312	1,36	5	6,80	100	0,68	0,47	-0,75
0,338	0,338	0,337	0,338	1,49	5	7,45	150	0,74	0,34	-1,07
0,369	0,370	0,369	0,369	1,64	5	8,20	200	0,82	0,22	-1,51
0,386	0,384	0,385	0,385	1,72	5	8,60	250	0,86	0,16	-1,83
0,399	0,399	0,401	0,399	1,79	5	8,95	300	0,89	0,12	-2,12
0,411	0,412	0,412	0,412	1,85	5	9,25	350	0,92	0,08	-2,53
0,418	0,417	0,418	0,418	1,88	5	9,40	400	0,94	0,06	-2,81
0,447	0,446	0,446	0,446	2,01	5	10,05	450	1,01	-0,01	∞
0,446	0,448	0,446	0,446	2,01	5	10,05	500	1,01	-0,01	∞

Ket: Ce = konsentrasi larutan rhodamin b setelah melewati kolom (efluen)

Fp = faktor pengencer

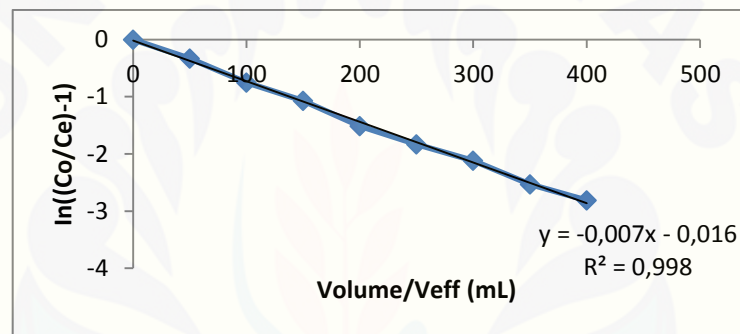
V_{eff} = volume efluen

Ce/Co = konsentrasi efluen dibagi konsentrasi influen



Gambar 4.17 Grafik $\ln[Co/Ce]-1$ versus volume efluen (V_{eff})

Persamaan grafik diperoleh dari grafik linier yang diturunkan oleh grafik pada gambar 4.17 dengan volume yang tercapai sebesar 400 mL.



Gambar 4.18 Grafik linier $\ln[Co/Ce]-1$ versus volume efluen (V_{eff})

- a. Perhitungan Nilai Konstanta Laju Thomas (K_a)

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

$$y = C + mX$$

$$y = -0,007x + 0,016$$

dengan

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

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

$$\text{Gradien (m)} = \frac{y}{x} = \frac{1}{mL} = \frac{1}{0,001 L}$$

Sehingga nilai gradien (m) digunakan untuk menentukan nilai konstanta laju Thomas

$$\begin{aligned}
 m &= -\frac{KTh C_0}{Q} \\
 -0,007 \frac{1}{0,001 L} &= -\frac{KTh \times 10 \frac{mg}{L}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}} 4,5 L \\
 \frac{7}{L} &= \frac{KTh \times 10 \frac{mg}{L} 4,5L}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit} 4,5} \\
 10 \text{ mg/L.L } KTh &= 7 \times 8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit} \\
 KTh &= \frac{5,6 \times 10^{-4} \frac{L}{menit}}{10 \text{ mg}} \\
 KTh &= 5,6 \times 10^{-5} \frac{L}{menit \cdot mg}
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Nilai Kapasitas Adsorpsi Kolom

Nilai intersept grafik digunakan untuk menentukan nilai kapasitas adsorpsi

$$\text{Massa adsorben (M)} = 0,5 \text{ gram}$$

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

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

Sehingga

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{KTh q_0 M}{Q} \\
 0,016 &= \frac{5,6 \times 10^{-5} \frac{L}{menit \cdot mg} \times q_0 \times 0,5 \text{ g}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}
 \end{aligned}$$

$$2,8 \times 10^{-5} \frac{g \cdot L}{menit \cdot mg} \times q_0 = 1,28 \times 10^{-6} \frac{L}{menit}$$

$$q_0 = \frac{1,28 \times 10^{-6} \frac{L}{menit}}{2,8 \times 10^{-5} \frac{g \cdot L}{menit \cdot mg}} = 0,046 \text{ mg/g}$$

Kapasitas adsorpsi tersebut menunjukkan bahwa setiap 1 gram hemiselulosa dapat menyerap 0,046 mg Rhodamin B.

4.4.5 Influen pH 8,26

Data penentuan kapasitas adsorpsi dengan variasi influen pH 8,26

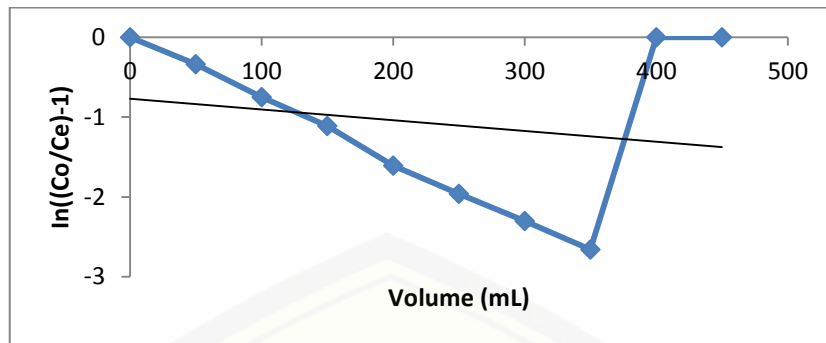
Data Absorbansi Pengenceran 5 kali				Ce (M)	Fp	Ce*Fp (M)	V _{eff} (mL)	Ce/Co	(Co/Ce)- 1	ln [(Co/Ce)- 1]
1	2	3	Rata-rata							
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
0,272	0,273	0,273	0,273	1,17	5	5,85	50	0,58	0,71	-0,34
0,311	0,313	0,312	0,312	1,36	5	6,80	100	0,68	0,47	-0,75
0,341	0,340	0,341	0,341	1,50	5	7,50	150	0,75	0,33	-1,11
0,372	0,373	0,375	0,373	1,66	5	8,30	200	0,83	0,20	-1,61
0,391	0,392	0,393	0,392	1,75	5	8,75	250	0,87	0,14	-1,96
0,402	0,403	0,402	0,402	1,80	5	9,00	300	0,90	0,11	-2,30
0,416	0,416	0,417	0,416	1,87	5	9,35	350	0,93	0,07	-2,66
0,446	0,447	0,446	0,446	2,01	5	10,05	400	1,01	-0,01	∞
0,447	0,446	0,446	0,446	2,01	5	10,05	450	1,01	-0,01	∞

Ket : Ce = konsentrasi larutan Rhodamin b setelah melewati kolom (efluen)

Fp = faktor pengencer

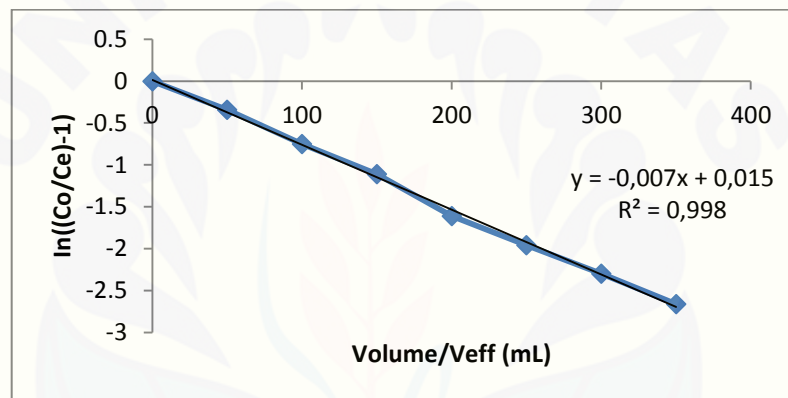
V_{eff} = volume efluen

Ce/Co = konsentrasi efluen dibagi konsentrasi influen



Gambar 4.19 Grafik $\ln[Co/Ce]-1$ versus volume efluen (V_{eff})

Persamaan grafik diperoleh dari grafik linier yang diturunkan oleh grafik pada gambar 4.19 dengan volume yang tercapai sebesar 350 mL.



Gambar 4.20 Grafik linier $\ln[Co/Ce]-1$ versus volume efluen (V_{eff})

a. Perhitungan Nilai Konstanta Laju Thomas (K_a)

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

$$y = C + mX$$

$$y = -0,007x + 0,015$$

dengan

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

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

$$\text{Gradien (m)} = \frac{y}{x} = \frac{1}{mL} = \frac{1}{0,001 \text{ L}}$$

Sehingga nilai gradien (m) digunakan untuk menentukan nilai konstanta laju Thomas

$$\begin{aligned}
 m &= -\frac{KTh C_0}{Q} V_{eff} \\
 -0,007 \frac{1}{0,001 L} &= -\frac{KTh \times 10 \frac{mg}{L}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}} 0,4 L \\
 \frac{7}{L} &= \frac{KTh \times 10 \frac{mg}{L} 0,4L}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit} 0,4} \\
 10 \text{ mg/L.L } KTh &= 7 \times 8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit} \\
 KTh &= \frac{5,6 \times 10^{-4} \frac{L}{menit}}{10 \text{ mg}} \\
 KTh &= 5,6 \times 10^{-5} \frac{L}{menit \cdot mg}
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Nilai Kapasitas Adsorpsi Kolom

Nilai intersept grafik digunakan untuk menentukan nilai kapasitas adsorpsi

$$\begin{aligned}
 \text{Massa adsorben (M)} &= 0,5 \text{ gram} \\
 Q &= 8 \times 10^{-5} \text{ L/menit} \\
 C_0 &= 10 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Sehingga

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{KTh q_0 M}{Q} \\
 0,015 &= \frac{5,6 \times 10^{-5} \frac{L}{menit \cdot mg} \times q_0 \times 0,5 \text{ g}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}
 \end{aligned}$$

$$2,8 \times 10^{-5} \frac{\text{g} \cdot \text{L}}{\text{menit} \cdot \text{mg}} \times q_0 = 1,2 \times 10^{-6} \frac{L}{menit}$$

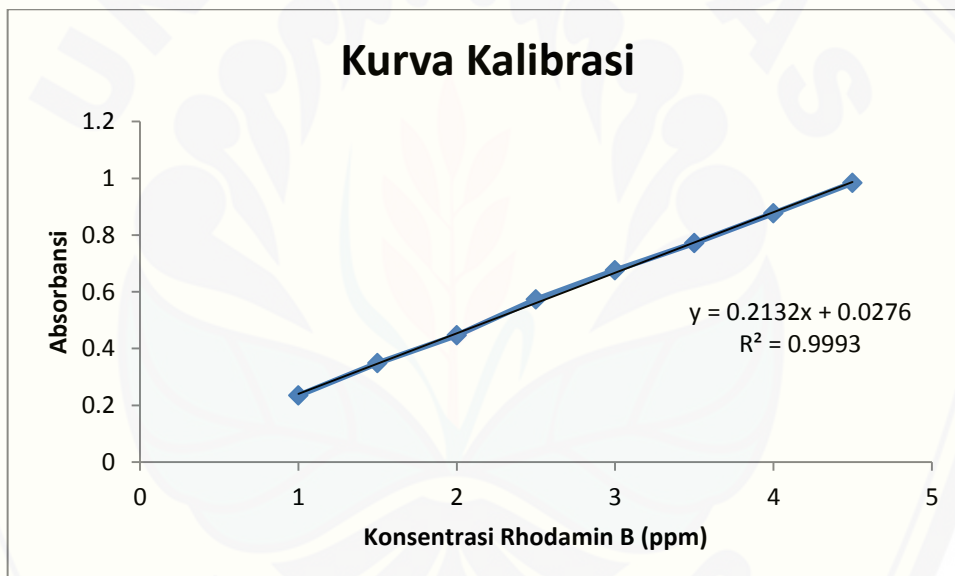
$$q_0 = \frac{1,2 \times 10^{-6} \frac{L}{menit}}{2,8 \times 10^{-5} \frac{\text{g} \cdot \text{L}}{\text{menit} \cdot \text{mg}}} = 0,043 \text{ mg/g}$$

Kapasitas adsorpsi tersebut menunjukkan bahwa setiap 1 gram hemiselulosa dapat menyerap 0,043 mg Rhodamin B.

Lampiran 4.5 Data dan Kurva Kalibrasi Larutan Standart Rhodamin B untuk Kapasitas Adsorben

4.4.1 Data Absorbansi Larutan Standar Rhodamin B 1-4 ppm

Konsentrasi Rhodamin B (ppm)	Absorbansi
1,0	0,235
1,5	0,349
2,0	0,447
2,5	0,573
3,0	0,676
3,5	0,772
4,0	0,876
4,5	0,984



Gambar 4.12 Kurva kalibrasi larutan standar Rhodamin B untuk kapasitas adsorben

Lampiran 4.6 Data Penentuan Kapasitas Adsorpsi Hemiselulosa

4.6.1 Data penentuan kapasitas adsorpsi dengan massa adsorben hemiselulosa 0,5 gram larutan influen pH 7

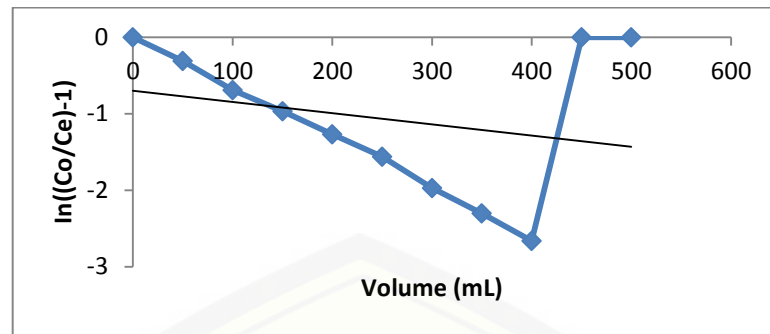
Data Absorbansi Pengenceran 5 kali				Ce (M)	Fp	Ce*Fp (M)	V _{eff} (mL)	Ce/Co	(Co/Ce)- 1	ln [(Co/Ce)- 1]
1	2	3	Rata-rata							
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
0,274	0,273	0,274	0,274	1,16	5	5,80	50	0,58	0,73	-0,31
0,310	0,309	0,311	0,310	1,33	5	6,65	100	0,66	0,50	-0,69
0,335	0,336	0,336	0,336	1,45	5	7,25	150	0,73	0,38	-0,97
0,360	0,359	0,359	0,359	1,56	5	7,80	200	0,78	0,28	-1,27
0,377	0,379	0,378	0,378	1,65	5	8,25	250	0,83	0,21	-1,56
0,399	0,399	0,400	0,399	1,75	5	8,75	300	0,87	0,14	-1,97
0,414	0,416	0,415	0,415	1,82	5	9,10	350	0,91	0,10	-2,30
0,425	0,425	0,424	0,425	1,87	5	9,35	400	0,93	0,07	-2,66
0,447	0,445	0,446	0,446	1,97	5	9,85	450	1,01	-0,01	∞
0,446	0,446	0,447	0,446	1,97	5	9,85	500	1,01	-0,01	∞

Ket : Ce = konsentrasi larutan rhodamin b setelah melewati kolom (efluen)

Fp = faktor pengencer

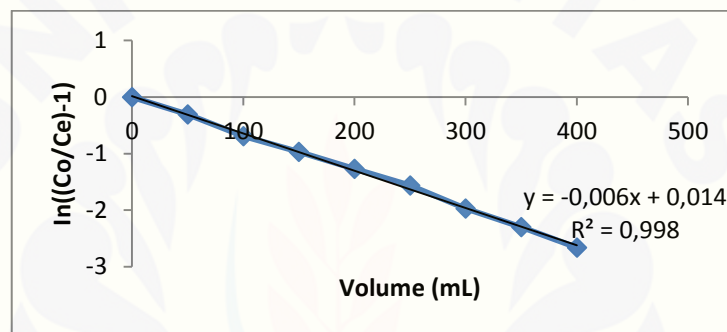
V_{eff} = volume efluen

Ce/Co = konsentrasi efluen dibagi konsentrasi influen



Gambar 4.21 Grafik $\ln((Co/Ce)-1)$ vs volume (mL)

Persamaan grafik diperoleh dari grafik linier yang diturunkan oleh grafik pada gambar 4.21 dengan volume yang tercapai sebesar 350 mL.



Gambar 4.21 Grafik linier $\ln((Co/Ce)-1)$ vs volume (mL)

a. Perhitungan Nilai Konstanta Laju Thomas (K_a)

$$\ln\left(\frac{Co}{Ce} - 1\right) = \frac{KTh qo M}{Q} - \frac{KTh Co}{Q} V_{eff}$$

$$y = C + mX$$

$$y = -0,006x + 0,015$$

dengan

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

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

$$\text{Gradien (m)} = \frac{y}{x} = \frac{1}{mL} = \frac{1}{0,001 L}$$

Sehingga nilai gradien (m) digunakan untuk menentukan nilai konstanta laju Thomas

$$\begin{aligned}
 m &= -\frac{KTh C_0}{Q} \\
 -0,006 \frac{1}{0,001 L} &= -\frac{KTh \times 10 \frac{mg}{L}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}} \\
 \frac{6}{L} &= \frac{KTh \times 10 \frac{mg}{L}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}} \\
 10 \text{ mg/L.L } KTh &= 6 \times 8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit} \\
 KTh &= \frac{4,8 \times 10^{-4} \frac{L}{menit}}{10 \text{ mg}} \\
 KTh &= 4,8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit \cdot mg}
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Nilai Kapasitas Adsorpsi Kolom

Nilai intersept grafik digunakan untuk menentukan nilai kapasitas adsorpsi

$$\text{Massa adsorben (M)} = 0,5 \text{ gram}$$

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

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

Sehingga

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{KTh q_0 M}{Q} \\
 0,014 &= \frac{4,8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit \cdot mg} \times q_0 \times 0,5 \text{ g}}{8 \times 10^{-5} \frac{L}{menit}}
 \end{aligned}$$

$$2,4 \times 10^{-5} \frac{g \cdot L}{menit \cdot mg} \times q_0 = 1,12 \times 10^{-6} \frac{L}{menit}$$

$$q_0 = \frac{1,12 \times 10^{-6} \frac{L}{menit}}{2,4 \times 10^{-5} \frac{g \cdot L}{menit \cdot mg}} = 0,047 \text{ mg/g}$$

Kapasitas adsorpsi tersebut menunjukkan bahwa setiap 1 gram hemiselulosa dapat menyerap 0,047 mg Rhodamin B.

