



**OPTIMALISASI ADSORPSI ZAT WARNA
RHODAMIN B OLEH BIOMASSA *CHLORELLA Sp*
YANG DIIMOBILISASI DALAM SILIKA GEL**

TUGAS AKHIR II

**Disusun dalam rangka penyelesaian Studi Strata I
untuk memperoleh gelar sarjana sains**

Oleh
PURNAWATI
4350406035
KIMIA

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2011**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir II ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan di hadapan sidang Panitia Ujian Tugas Akhir II Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

Semarang, Februari 2011

Pembimbing I

Pembimbing II

Dra. Latifah, M.Si
NIP. 196101071991022003

Cepi Kurniawan, S.Si, M.Si
NIP. 198104112005011001



HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir II yang berjudul

Optimalisasi Adsorpsi Zat Warna *Rhodamin B* oleh Biomassa *Chlorella Sp*
yang Diimobilisasi dalam Silika Gel

Disusun oleh

Nama : Purnawati

NIM : 4350406035

telah dipertahankan di hadapan Sidang Panitia Ujian Tugas Akhir II Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang pada
tanggal 21 Februari 2011.

Panitia

Ketua

Sekretaris

Drs. Kasmadi Imam S., M.S
NIP. 195111151979031001

Drs. Sigit Priatmoko, M.Si
NIP. 196504291991031001

Penguji

F. Widhi Mahatmanti, S.Si, M.Si
NIP. 196912171997022001

Penguji/Pembimbing I

Penguji/Pembimbing II

Dra. Latifah, M.Si
NIP. 196101071991022003

Cepi Kurniawan, S.Si, M.Si
NIP. 198104112005011001

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis dalam Tugas Akhir II ini benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan dari karya tulis orang lain, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam Tugas Akhir II ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, Februari 2011

Penyusun

Purnawati
4350406035



MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto:

- *Dalam setiap kesulitan pasti terdapat kemudahan didalamnya karena Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kemampuan hamba-Nya (Q.S. Al-Baqarah:246)*
- *Keberhasilan kita tidak hanya diukur dari seberapa besar dan tinggi daratan impian yang bisa kita capai diakhir perjalanan, tetapi keberhasilan kita terutama dinilai dari kualitas dari perjalanan kita (Mario Teguh)*
- *Kegagalan hanyalah kesempatan untuk memulai lagi dengan yang lebih pandai (Henry Ford)*

Persembahan:

- ✓ Ibu dan Bapak yang senantiasa mencurahkan kasih sayang serta doa dan dukungannya.
- ✓ Kang Imron, kang Ali, nok Ria dan keluarga besarku terima kasih untuk semangat dan doanya.
- ✓ Teman-temanku Qmiche 2006 terima kasih atas dukungan dan kerjasamanya.
- ✓ Mas Huda dan bu Martin yang banyak membantu selama penelitian.

KATA PENGANTAR

Penulis telah dapat menyelesaikan Tugas Akhir II dengan judul “Optimalisasi Adsorpsi Zat Warna *Rhodamin B* oleh Biomassa *Chlorella sp* yang Diimobilisasi dalam Silika Gel”, oleh karena itu alhamdulillah tiada henti penulis panjatkan sebagai rasa syukur kehadiran Allah SWT atas kesempurnaan-Nya memberikan nikmat, rahmat, dan hidayah kepada kita semua.

Selama penyusunan Tugas Akhir II ini tentunya penulis tidak sedikit menghadapi rintangan dari awal hingga akhir. Berkat bimbingan, bantuan, dukungan, dan kerja sama dari berbagai pihak maka segala rintangan tersebut dapat penulis atasi. Untuk itu pada kesempatan ini, tak lupa penulis sampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang beserta staf.
2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang.
3. Ketua Program Studi Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang.
4. Dra. Latifah, M.Si, selaku dosen pembimbing utama yang telah sabar memberikan perhatian, bimbingan, dan pengarahan kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir II ini.
5. Cepi Kurniawan, S. Si, M.Si, selaku dosen pembimbing pendamping yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan demi kesempurnaan Tugas Akhir II ini.
6. F. Widhi Mahatmanti, M.Si, selaku dosen penguji yang banyak memberikan saran dan kritik dalam Tugas Akhir II ini.

7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA UNNES yang telah memberikan bekal ilmu kepada penulis.
8. Kepala laboratorium Kimia FMIPA UNNES, beserta semua teknisi dan laboran yang telah membantu dalam penelitian ini.
9. Mbak Indri selaku petugas perpustakaan Jurusan Kimia FMIPA UNNES.
10. Rekan-rekan seperjuangan Qmiche'06 Holic UNNES (khususnya PJ, Pujil, Ai, Ika, Sari, Siska dan Muha) atas dukungan dan kerjasamanya.
11. Teman-teman kost RHI 008 atas pengertian dan bantuannya.
12. Teman-teman rumah Een, Cece, Melly, Iam, mas Mudi, mas Diun, mas Roni dan abah Ipin yang selalu memberikan semangat dan do'anya.
13. Semua pihak yang terlibat dalam penyusunan Tugas Akhir II ini, baik secara material maupun spiritual.

Demikian penulisan Tugas Akhir II ini, semoga bermanfaat bagi semua pihak yang berkepentingan, dan pembaca pada umumnya.

Semarang, Februari 2011

Penulis

ABSTRAK

Purnawati, 2011. *Optimalisasi Adsorpsi Zat Warna Rhodamin B oleh Biomassa Chlorella sp yang Diimobilisasi dalam Silika Gel*. Tugas Akhir II. Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang. Dosen Pembimbing I: Dra. Latifah, M. Si. Dosen Pembimbing II: Cipi Kurniawan, S. Si, M.Si.

Industri tekstil merupakan salah satu industri yang cukup dominan berkembang di Indonesia. Limbah industri tekstil didominasi oleh pencemaran zat warna pada proses produksinya. Salah satu cara untuk mengurangi pencemaran limbah zat warna tersebut dengan cara adsorpsi. Adsorpsi merupakan kemampuan menempel suatu zat pada permukaan. Pada penelitian ini adsorben yang digunakan adalah biomassa *Chlorella sp* yang diimobilisasi dalam silika gel (polisorben). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan massa SG:BC optimal, kondisi optimal (mencakup pH larutan zat warna, waktu kontak, massa adsorben dan konsentrasi awal) dan kapasitas adsorpsi zat warna *Rhodamin B* oleh polisorben. Polisorben dibuat dengan cara mengimobilisasi suspensi biomassa *Chlorella sp* dalam suspensi silika gel teraktivasi. Jumlah *Rhodamin B* yang diadsorpsi oleh polisorben ditentukan dengan menghitung selisih antara konsentrasi yang terdapat dalam larutan sebelum dan sesudah interaksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbandingan massa SG:BC optimal pada saat 10:2 dengan jumlah zat teradsorpsi sebesar 2,4500 mg/g. Adsorpsi ion zat warna *Rhodamin B* oleh polisorben dilakukan pada saat kondisi optimal pada pH 7, waktu kontak 30 menit, dan massa adsorben 1 gram. Kapasitas adsorpsi yang diperoleh dari isoterm Langmuir sebesar 23,2279 mg/g dan energi 32,5528 kJ/mol.

Kata Kunci: adsorpsi, immobilisasi, polisorben, zat warna *Rhodamin B*.

ABSTRACT

Purnawati, 2011. *Optimization of Adsorption of Dyes Rhodamin B by immobilized biomass of Chlorella sp in Silica Gel*. Final Project II. Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Semarang State University. Supervisor I: Dra. Latifah, M. Si. Supervisor II: Cepi Kurniawan, S. Si, M. Si.

Textile industry is one of the most developed industries in Indonesia. Waste textile industries were dominated by dyes pollution from the production process. One way to reduce dyes waste pollution is through adsorption. Adsorption is the ability to stick of a substance on the surface. In this research, biomass of *Chlorella sp* which immobilized in silica gel (polysorbent) was used as adsorbent. The aims of this research were to investigate the optimal mass ratio of SG:BC, to determine optimal conditions (including pH of dye solution, contact time, mass adsorbent and initial concentration) and dye adsorption capacity of *Rhodamin B* by polysorbent. Polysorbent was made by immobilizing the suspension of *Chlorella sp* biomass in activated silica gel. Total *Rhodamin B* adsorbed by polysorbent determined by calculating the difference between the concentrations in the solution before and after interaction. The results showed that optimal the mass ratio of SG:BC at 10:2 with the of 2.4500 mg / g. Dye adsorption *Rhodamin B* by polysorbent performed at optimal conditions at pH of 7, the contact time of 30 minutes, and the mass of 1 gram of adsorbent. Adsorption capacity obtained from Langmuir isotherm of 23.2279 mg / g and the energy 32.5528 kJ/mol.

Keywords: adsorption, immobilization, polysorbent, dyes *Rhodamin B*.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN	ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	iii
PENGESAHAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Biomassa <i>Chlorella sp</i>	5
2.2. Silika Gel	6
2.3. Immobilisasi <i>Chlorella sp</i> dalam Silika Gel	8
2.4. Adsorpsi	9
2.5. Zat Warna <i>Rhodamin B</i>	13

2.6. Spektrofotometer UV	15
2.7. Spektrofotometer Infra Merah.....	16
BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1. Penentuan Objek Peneliiian	17
3.1.1. Lokasi penelitian	17
3.1.2. Populasi dan sampel	17
3.2. Variabel Penelitian	17
3.2.1. Variabel bebas	17
3.2.2. Variabel terikat	17
3.2.3. Variabel terkendali	18
3.3. Alat dan Bahan	18
3.3.1. Alat	18
3.3.2. Bahan	18
3.4. Prosedur Kerja	18
3.4.1. Pembuatan Polisorben dari Immobilisasi Biomassa <i>Chlorella sp</i> pada Silika Gel	18
3.4.2. Menentukan Panjang Gelombang Maksimal	19
3.4.3. Menentukan Perbandingan Massa SG:BC Optimal	19
3.4.4. Menentukan pH Larutan Zat Warna Optimal	20
3.4.5. Menentukan Waktu Kontak Optimal	20
3.4.6. Menentukan Massa Adsorben Optimal	20
3.4.7. Menentukan Kapasitas Adsorpsi	21
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	22
4.1. Pembuatan Polisorben dari Immobilisasi Biomassa <i>Chlorella sp</i> pada Silika Gel	22
4.2. Analisis Spektroskopi Infra Merah	23
4.3. Penentuan Perbandingan Massa SG:BC Optimal	27
4.4. Penentuan pH Larutan Zat Warna <i>Rhodamin B</i> Optimal.....	29
4.5. Penentuan Waktu Kontak Optimal	31
4.6. Penentuan Massa Adsorben Optimal.....	33

4.7. Penentuan Kapasitas Adsorpsi.....	35
BAB V PENUTUP.....	37
5.1. Simpulan	37
5.2. Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN.....	41



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Struktur silika gel	7
2.2. Struktur <i>Chlorella sp</i> yang terimobilisasi dalam silika gel	9
2.3. Mekanisme biosorpsi: Ikatan awal dari molekul zat warna pada permukaan sel.....	10
2.4. Mekanisme Reaksi dari Adsorpsi <i>Rhodamin B</i> pada Dinding Sel Biomassa <i>Chlorella sp</i> yang Diimobilisasi dalam Silika Gel.....	12
2.5. Struktur kimia <i>Rhodamin B</i> dalam bentuk ion	14
2.6. Klasifikasi panjang gelombang untuk warna spektrum tertentu.....	15
4.1. Spektra inframerah (a) Biomassa <i>Chlorella sp</i> , (b) Silika Gel, dan (c) polisorben setelah adsorpsi, dan (d) Immobilisasi SG:BC 10: 2 sebelum adsorpsi.....	27
4.2. Kurva panjang gelombang maksimal zat warna <i>Rhodamin B</i>	29
4.3. Kurva hubungan pH larutan zat warna terhadap zat yang teradsorpsi oleh polisorben.....	30
4.4. Kurva hubungan waktu kontak terhadap zat warna yang teradsorpsi pada polisorben.....	32
4.5. Kurva hubungan massa adsorben terhadap zat warna yang teradsorpsi pada polisorben.....	33
4.6. Proses Adsorpsi dengan variasi massa adsorben.....	34
4.7. Kurva hubungan konsentrasi awal terhadap zat warna yang teradsorpsi pada polisorben.....	35
4.8. Kurva hubungan C terhadap C/M pada polisorben	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1 Pembuatan Larutan Kerja.....	41
2 Diagram Alir Penelitian.....	43
3 Perhitungan Hasil Penelitian	46
4 Hasil Spektrofotometer Infra Merah (IR)	62
5 Hasil Spektrofotometer Genesys 20.....	66
6 Foto Penelitian.....	68



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri tekstil merupakan satu dari sekian kegiatan industri yang cukup berkembang di Indonesia. Salah satu yang perlu diperhatikan pada industri tekstil adalah limbah hasil produksinya yang dapat mencemari lingkungan khususnya pencemaran terhadap air. Limbah industri tekstil tersebut akan mengalir langsung ke selokan atau ke sungai, sehingga limbah cair ini dapat menurunkan daya pembersih alam yang dimiliki air, dapat mengubah warna air sungai, bahkan dapat mengakibatkan matinya organisme air yang penting artinya bagi kehidupan manusia.

Limbah industri tekstil didominasi oleh pencemaran zat warna akibat penggunaan zat warna baik yang alami maupun sintesis dalam proses produksinya. Zat warna yang sering dipakai dalam industri tekstil seperti pabrik kertas, sutera dan wool adalah zat warna *Rhodamin B*. Zat warna *Rhodamin B* merupakan zat warna basa (kation) yang umumnya merupakan garam-garam klorida atau oksalat dari basa-basa organik (Manurung, 2004).

Salah satu cara yang berguna dalam pengendalian pencemaran air akibat adanya zat warna tekstil adalah melalui metode adsorpsi, karena banyaknya ketersediaan adsorben yang ada di alam dengan harga yang murah. Ada beberapa material yang biasanya digunakan sebagai adsorben seperti arang aktif, tanah diatomae, zeolit, bentonit, asam humat, dan silika. Salah satu pengolahan yang

dilakukan dalam penelitian ini adalah mengadsorpsi zat warna *Rhodamin B* dengan memanfaatkan alga *Chlorella sp* sebagai adsorben.

Gadd, G. M. (1990) menyatakan bahwa mikroorganisme seperti khamir, jamur, dan alga dapat menyerap logam-logam berat dan radionuklida secara efisien dari lingkungan eksternalnya. Walaupun kemampuan alga mengadsorpsi cukup baik, namun material ini tidak dapat digunakan sebagai adsorben secara langsung karena sukar disaring. Pemanfaatan mikroalga sebagai agen pengadsorpsi mempunyai kendala, yaitu mempunyai massa yang ringan, oleh sebab itu perlu diimobilisasi untuk menambah berat dan mengurangi mobilitasnya. Kelemahan ini dapat diatasi dengan mengimobilisasi biomassa sehingga memiliki kekuatan partikel dan ketahanan kimia yang tinggi.

Imobilisasi biomassa alga adalah suatu proses pelekatan biomassa pada suatu matrik pendukung dimana biomassa tersebut tetap aktif sehingga dapat bergerak terhadap substrat yang berada pada suatu larutan. Silika gel digunakan sebagai matrik pendukung dalam mengimobilisasi *Chlorella sp* karena dapat menambah kekuatan mekanik dan luas permukaan dari biomassa. Walaupun biomassa yang telah diimobilisasi polimer dalam keadaan mati namun dinding sel masih menyediakan sumber tempat pengikatan zat warna. Keberhasilan pengikatan zat warna oleh alga sangat tergantung pada gugus fungsi yang terkandung dalam alga.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penulis bermaksud melakukan penelitian yang berjudul “Optimalisasi Adsorpsi Zat Warna *Rhodamin B* oleh Biomassa *Chlorella Sp* yang Diimobilisasi dalam Silika Gel”.

1.2. Permasalahan

Berdasarkan uraian di atas, permasalahan yang timbul dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapakah perbandingan biomassa *Chlorella sp* dan silika gel yang dapat mengadsorpsi zat warna *Rhodamin B* secara maksimal?
2. Berapakah kondisi optimal larutan zat warna dalam proses adsorpsi zat warna *Rhodamin B* oleh biomassa *Chlorella sp* yang diimobilisasi dalam silika gel?
3. Berapakah kapasitas adsorpsi biomassa *Chlorella sp* yang diimobilisasi dalam silika gel terhadap larutan zat warna *Rhodamin B*?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

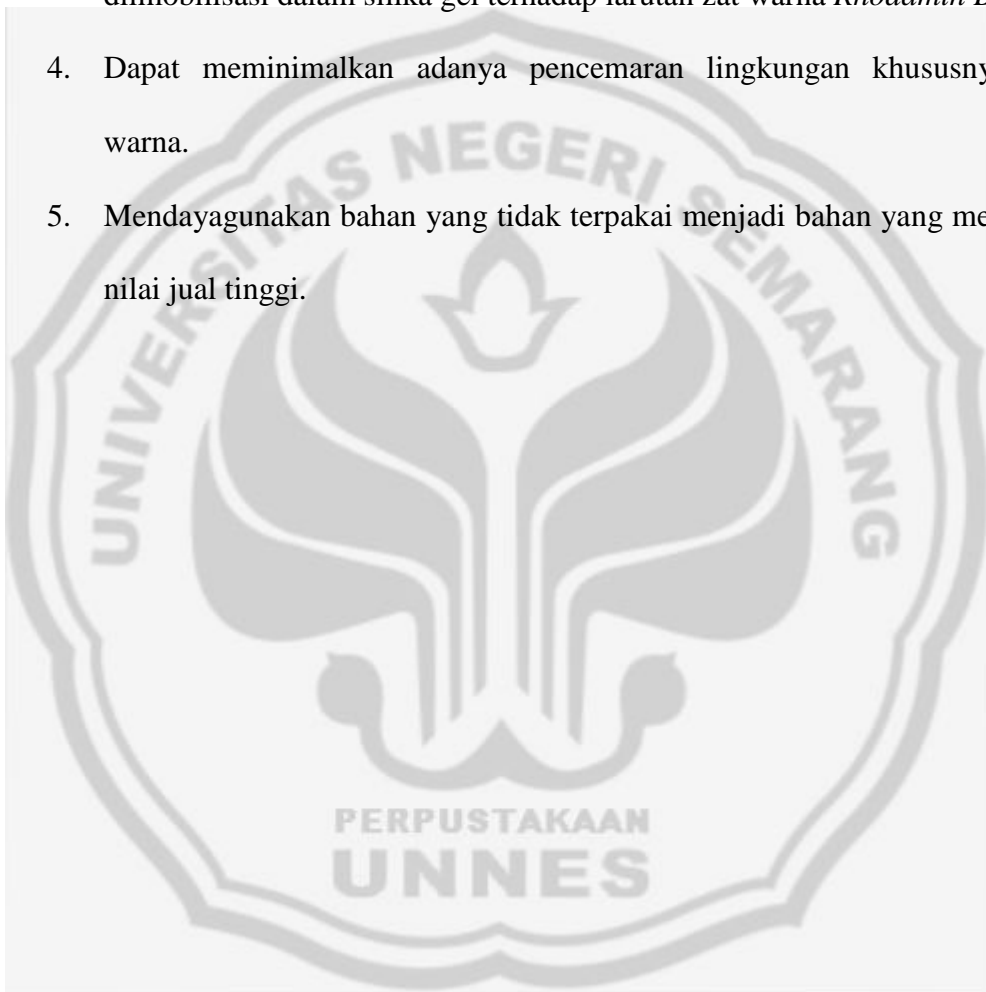
1. Mengetahui perbandingan biomassa *Chlorella sp* dan silika gel yang dapat mengadsorpsi zat warna *Rhodamin B* secara maksimal.
2. Mengetahui kondisi optimal larutan zat warna dalam proses adsorpsi zat warna *Rhodamin B* oleh biomassa *Chlorella sp* yang diimobilisasi dalam silika gel.
3. Mengetahui kapasitas adsorpsi biomassa *Chlorella sp* yang diimobilisasi dalam silika gel terhadap larutan zat warna *Rhodamin B*.

1.4. Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui perbandingan biomassa *Chlorella sp* dan silika gel yang dapat mengadsorpsi zat warna *Rhodamin B* secara maksimal.

2. Memberikan informasi kondisi optimal larutan zat warna dalam proses adsorpsi zat warna *Rhodamin B* oleh biomassa *Chlorella sp* yang diimobilisasi dalam silika gel.
3. Memberikan informasi kapasitas adsorpsi biomassa *Chlorella sp* yang diimobilisasi dalam silika gel terhadap larutan zat warna *Rhodamin B*.
4. Dapat meminimalkan adanya pencemaran lingkungan khususnya zat warna.
5. Mendayagunakan bahan yang tidak terpakai menjadi bahan yang memiliki nilai jual tinggi.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Biomassa *Chlorella sp*

Menurut Kumar dan Singh (1976), *Chlorella sp.* termasuk divisi

Chlorophyta. Klasifikasinya adalah:

Divisio	: Chlorophyta
Kelas	: Chlorophyceae
Ordo	: Chlorococcales
Sub-ordo	: Autosporinaceae
Familia	: Chlorellaceae
Genus	: Chlorella
Spesies	: <i>Chlorella sp.</i>

Chlorella sp. adalah alga uniselular yang berwarna hijau dan berukuran mikroskopis, diameter selnya berukuran 3-8 mikrometer, berbentuk bulat seperti bola atau bulat telur, tidak mempunyai flagella sehingga tidak dapat bergerak aktif (Kumar dan Singh, 1976). Dalam sel *Chlorella sp* mengandung protein, lemak, karbohidrat, vitamin, dan mineral, disamping banyak terdapat pigmen hijau (klorofil) yang berfungsi sebagai katalisator dalam proses fotosintesis (Sachlan, 1982). Menurut Ohama dan Miyachi (1992), *Chlorella sp* dapat hidup pada pH 6,6-7,3.

Sel kering (biomassa) *Chlorella sp* mengandung protein, karbohidrat, dan lemak berturut-turut 58,2%; 23,2%; 9,3% ; selebihnya vitamin dan mineral. Keunggulan biomassa *Chlorella sp* (BC) antara lain: mempunyai kemampuan

mengadsorpsi karena pada dinding sel terdapat gugus fungsi, bahan bakunya mudah didapat dan tersedia dalam jumlah banyak, dan biaya operasional yang rendah.

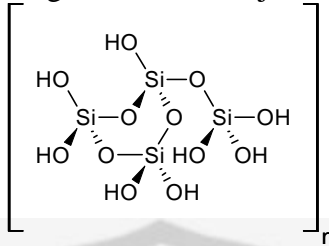
Kemampuan biomassa *Chorella sp* sebagai adsorben karena adanya gugus fungsi pada dinding sel. Adapun gugus fungsi yang berhasil disintesis dan diidentifikasi oleh Latifah (1998) antara lain: -OH, -C=O, -CH, -CN, -NH, dan -C-O. Proses pengikatan adsorbat melibatkan gugus amina dan karboksilat pada dinding sel biomassa alga (Crist, 1981). Kelemahan biomassa *Chlorella sp* sebagai adsorben adalah mempunyai massa yang ringan, oleh sebab itu perlu diimobilisasi untuk menambah berat dan mengurangi mobilitasnya.

Mikroalga dapat menunjukkan kemampuan mengadsorpsi spesies bermuatan dan spesies netral. Spesies bermuatan teradsorpsi secara kimia sedangkan spesies netral cenderung teradsorpsi secara fisik. Adsorpsi kimia terjadi karena interaksi antara adsorbat dengan situs aktif (gugus fungsi ligan), sehingga adsorbat dapat terakumulasi pada permukaan mikroalga, sedangkan adsorpsi fisik dapat terjadi karena penjerapan molekul netral dalam mikropori alga (Latifah, 1998). Menurut Connel (1990), mekanisme ini melibatkan pembentukan kompleks-kompleks zat warna dengan protein dalam sel, sehingga zat warna dapat terakumulasi dalam sel tanpa mengganggu aktivitasnya.

2.2. Silika Gel

Silika/SiO₂ merupakan mineral berwarna putih yang banyak terdapat di alam dalam keadaan bebas maupun sebagai campuran dengan mineral lainnya

membentuk mineral silikat. Dua komponen terbesarnya adalah silikon dan oksigen. Struktur silika gel tiga dimensi ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Struktur silika gel (Handoyo, 2000)

Silika gel ($\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$) banyak digunakan sebagai agen pengering terhadap kelembaban udara, baik dalam laboratorium maupun dalam penyimpanan obat-obatan dan alat-alat elektronik. Silika gel (SG) merupakan polimer yang terbentuk karena reaksi kondensasi antara monomernya atau disebut polikondensasi. Menurut Handoyo (2000), Sifat kimia dari silika itu adalah:

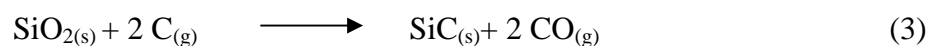
1. Silika bersifat inert terhadap halogen kecuali Fluorida dan juga inert terhadap semua asam kecuali HF. Reaksi dengan HF akan membentuk asam silikon tertra fluorida menurut persamaan reaksi berikut:



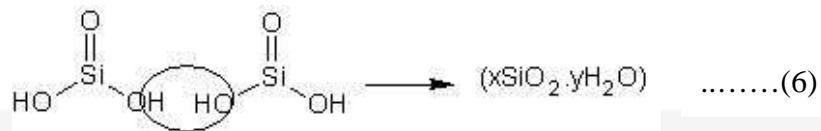
2. Mudah bereaksi dengan alkali kuat (hidroksida alkali) menghasilkan silikat yang larut dalam air.



3. Pada suhu tinggi, silika dapat direduksi oleh logam dan karbon menghasilkan silikon karbida (SiC).



Reaksi pembuatan silika gel:



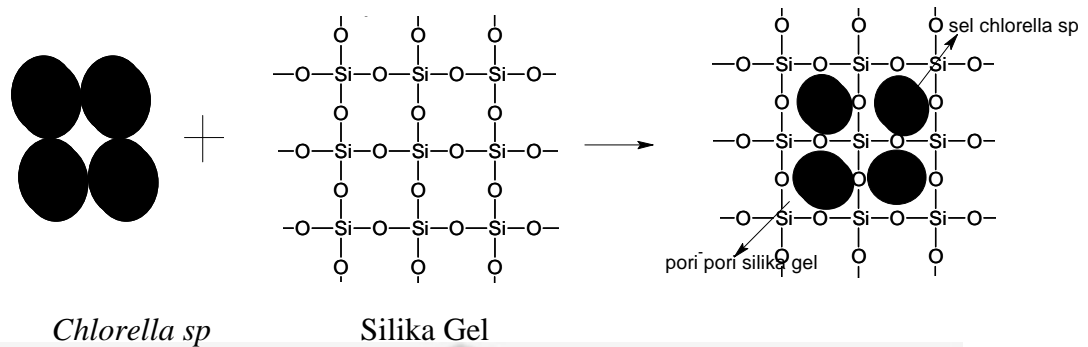
Sumber: Vogel, 1985.

Pada reaksi 6 yaitu reaksi polimerisasi asam silikat, molekul air dilepaskan di antara asam silikat yang bersebelahan. Setelah itu silika gel disaring dan dicuci untuk menghilangkan sisa asam dan garamnya kemudian dikeringkan untuk menghilangkan airnya.

2.3. Imobilisasi *Chlorella sp* dalam Silika Gel

Penggunaan polimer sintetik sebagai pendukung imobilisasi biomassa *Chlorella sp* didasarkan pada sifat fisik dan sifat kimia polimer serta kemudahan dalam preparasi. Keuntungan lain dari polimer sintetik adalah tidak mudah rusak oleh mikroba (Suhendrayatna, 2001).

Ada dua metode yang digunakan untuk mengimobilisasi biomassa, yaitu adsorpsi dan penjerapan. Pada metode adsorpsi, biomassa dilekatkan pada permukaan materi berpori atas dasar mekanisme bahwa bahan pembawa tersebut dapat berinteraksi dengan biomassa secara fisik. Pada metode teknik penjerapan, biomassa yang dijerap di dalam suatu mikrokapsul dari bahan polimer organik akan mempunyai permukaan luas sehingga memperbesar kontak dengan substrat (Ruswati, 2003).



Gambar 2.2. Struktur *Chlorella sp* yang Terimobilisasi dalam Silika Gel (Triyatno, 2004)

Matrik pendukung telah banyak digunakan untuk mengimobilisasi biomassa pada penelitian sebelumnya, salah satu diantaranya adalah Amaria, dkk. (2006) yang menggunakan silika gel sebagai matriks pendukungnya. Kapasitas adsorpsi yang diperoleh sebesar 8,5251 mg/g dengan waktu optimal 60 menit, pH optimal 5 dan konsentrasi Zn (II) optimal 100 mg/L.

2.4. Adsorpsi

Zat warna telah dinyatakan sebagai bahan pencemar bagi perairan bila jumlahnya besar, sehingga tidak memenuhi syarat sebagai air untuk pertanian, perikanan dan keperluan hidup lainnya (Suwarsa, 1998). Masalah pencemaran tersebut mengakibatkan persediaan air untuk keperluan industri makin berkurang, sehingga perlu dipikirkan kemungkinan-kemungkinan untuk memakai kembali sebagian air buangan yang telah diolah itu.

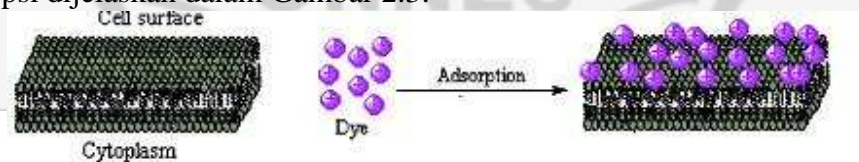
Pengurangan zat warna tekstil pada umumnya dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya adalah cara adsorpsi. Adsorpsi adalah kemampuan menempel suatu zat pada permukaan, sedangkan kemampuan suatu zat untuk melepaskan diri dari permukaan disebut dengan desorpsi. Bagian yang menempel

biasa disebut adsorbat, sedangkan bagian tempat menempel atau terikat disebut dengan adsorben (Soemirat, 2005).

Jika interaksi antara adsorbat dan permukaan merupakan interaksi Van der Walls maka yang terjadi adalah adsorpsi secara fisik. Interaksi Van der Walls mempunyai jarak jauh, tetapi lemah, dan energi yang dilepaskan jika partikel terfisisorpsi mempunyai orde besaran yang sama dengan entalpi kondensasi. Entalpi fisisorpsi dapat diukur dengan mencatat kenaikan temperatur sampel dengan kapasitas kalor yang diketahui, dan nilai khasnya berada sekitar kurang dari 20 kJ mol^{-1} jadi tidak cukup untuk menghasilkan pemutusan ikatan, sehingga molekul yang terfisisorpsi tetap mempertahankan identitasnya (Atkins, 1999).

Jika molekul teradsorpsi bereaksi secara kimia dengan permukaan, fenomenanya disebut kimisorpsi. Dalam kimisorpsi, partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen). Entalpi kimisorpsi jauh lebih besar dari pada untuk fisisorpsi, dan nilai khasnya adalah lebih dari 20 kJ mol^{-1} (Atkins, 1999).

Proses menempelnya zat warna ke dalam permukaan sel dengan proses adsorpsi dijelaskan dalam Gambar 2.3:



Gambar 2.3. mekanisme biosorpsi : ikatan awal dari molekul zat warna pada permukaan sel (Bhowal, dkk., 2009)

Jumlah zat yang teradsorpsi dapat di rumuskan sebagai berikut:

$$q = \frac{V(C_o - C_f)}{W}$$

keterangan:

q : massa zat teradsorpsi (mg/g)

W : massa adsorben (gram)

V : volume larutan (L)

Co : konsentrasi awal larutan (mg/L)

Cf : konsentrasi akhir larutan (mg/L) (Amaria, dkk., 2007).

Adsorpsi *Rhodamin B* pada biomassa *Chlorella sp* yang diimobilisasi dalam silika gel kemungkinan dihubungkan oleh interaksi kimia yang terjadi antara molekul zat warna dan komponen polisorben. Diagram skematik dari interaksi zat warna-polisorben ditunjukkan pada Gambar 2.4.

Isoterm Langmuir mengasumsikan bahwa permukaan pori adsorben bersifat homogen. Menurut Bahl, dkk (2004), isoterm Langmuir dibuat berdasarkan asumsi berikut :

1. Lapisan dari adsorbat gas pada adsorben padat yaitu *monolayer*
2. Lapisan adsorbat seragam di semua adsorben
3. Tidak ada interaksi antara molekul adsorbat yang berdekatan

Adapun persamaan untuk isoterm Langmuir adalah :

$$m = \frac{b.K.C}{1 + K.C} \dots\dots\dots (7)$$

$$\frac{1 + K.C}{b.K.C} = \frac{1}{m} \dots\dots\dots (8)$$

$$\frac{1}{b.K.C} + \frac{K.C}{b.K.C} = \frac{1}{m} \dots\dots\dots (9)$$

$$\frac{1}{m} = \frac{1}{b.K} \cdot \frac{1}{C} + \frac{1}{b} \dots\dots\dots (10)$$

$$\frac{C}{m} = \frac{1}{b \cdot K} + \frac{C}{b} \dots\dots\dots(11)$$

keterangan:

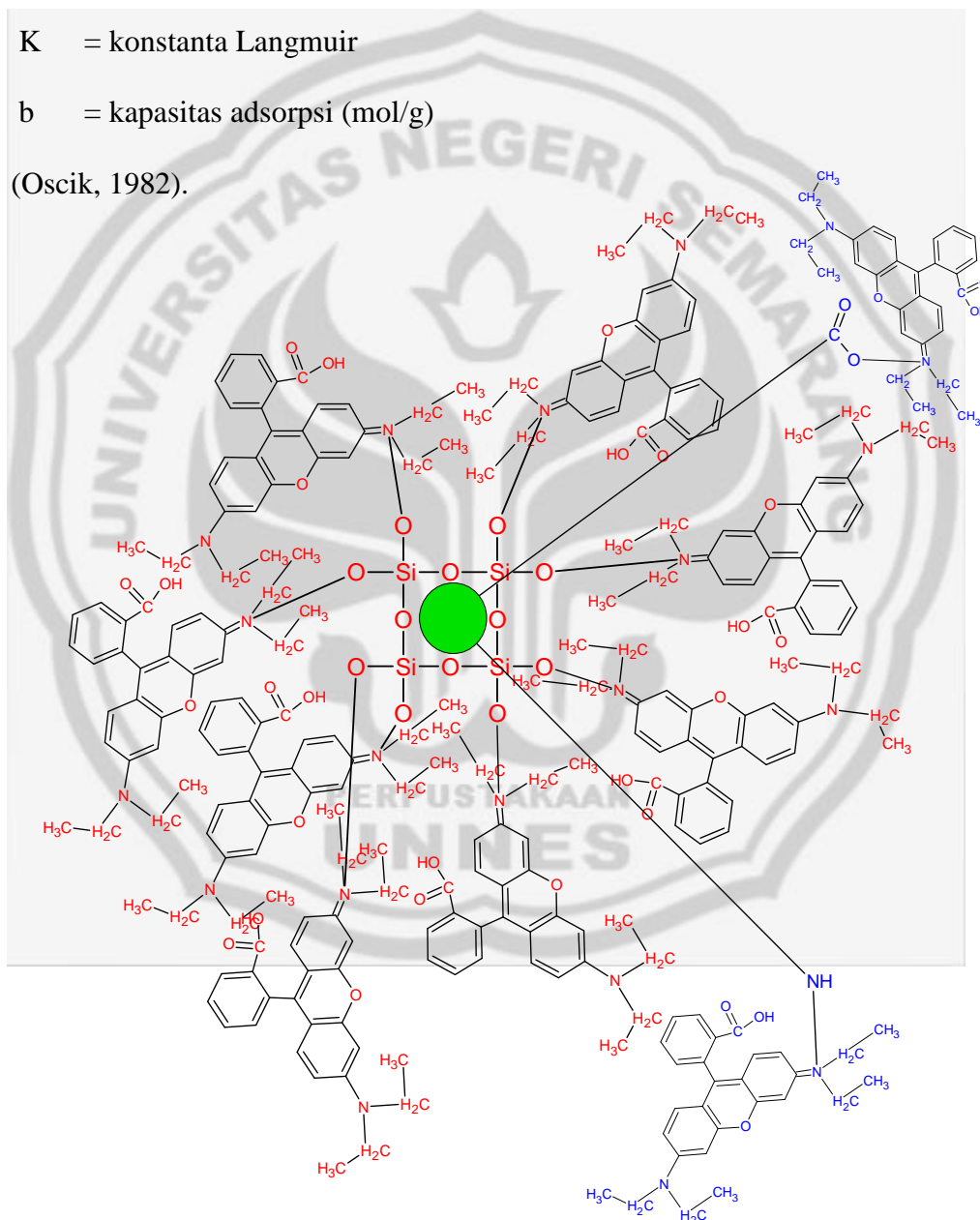
m = Jumlah dari adsorbat yang diserap per unit berat dari adsorben (mol/g)

C = konsentrasi adsorbat dalam larutan pada saat kesetimbangan (mol/L)

K = konstanta Langmuir

b = kapasitas adsorpsi (mol/g)

(Oscik, 1982).



Gambar 2.4. Mekanisme reaksi dari Adsorpsi *Rhodamin B* pada dinding sel biomassa *Chlorella sp* yang diimmobilisasi dalam silika gel (Bhowal, dkk., 2009).

2.5. Zat Warna *Rhodamin B*

Molekul zat warna merupakan gabungan dari zat organik tidak jenuh dengan kromofor sebagai pembawa warna dan auksokrom sebagai pengikat warna dengan serat. Zat organik tidak jenuh yang dijumpai dalam pembentukan zat warna adalah senyawa aromatik antara lain senyawa hidrokarbon aromatik dan turunannya, fenol dan turunannya serta senyawa-senyawa hidrokarbon yang mengandung nitrogen (Winarno, 1984).

Gugus kromofor adalah gugus yang menyebabkan molekul menjadi berwarna. Gugus auksokrom terdiri dari dua golongan, yaitu :

Golongan kation : $-NH_2$; NHR seperti $-NR_2Cl$.

Golongan anion : $-SO_3H$; $-OH$; $-COOH$ seperti $-O$; $-SO_3$; dan lain-lain.

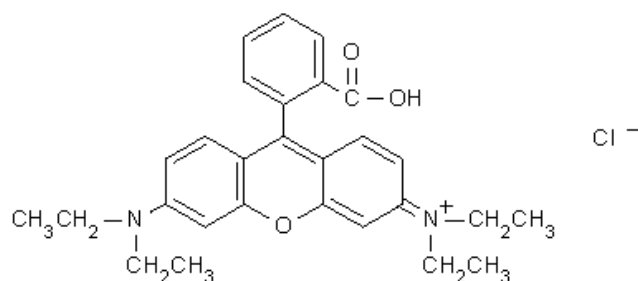
Nama dan struktur gugus kromofor yang dapat memberi daya ikat terhadap serat yang diwarnainya, antara lain: Nitroso (NO atau $(-N-OH)$), Nitro (NO_2 atau $(NN-OOH)$), Grup Azo ($-N=N-$), Grup Etilen ($-C-C-$), Grup Karbonil ($-C=O-$), Grup Karbon-Nitrogen ($-C=NH$; $CH=N-$), dan Grup Karbon Sulfur ($-C=S$; $-C-S-S-C-$) (Manurung, dkk, 2004).

Prinsip yang digunakan untuk mengolah limbah cair secara kimia adalah menambahkan bahan kimia yang dapat mengikat bahan pencemar yang dikandung air limbah kemudian memisahkannya (mengendapkan atau mengapungkan). Zat warna dapat digolongkan menurut sumber yang diperolehnya yaitu zat warna alam dan zat warna sintetik. Van Croft mengolongkan zat warna berdasarkan pemakaiannya, Zat warna yang merupakan berasal dari garam-garam klorida atau oksalat dari basa-basa organik, misalnya ammonium, dan oksonium. Oleh karena

kromofor dari zat warna ini terdapat pada kationnya maka zat warna ini sering disebut sebagai zat warna kation atau basa (Manurung, dkk, 2004).

Rhodamin B adalah bahan kimia yang digunakan untuk pewarna merah pada industri tekstil dan plastik. *Rhodamin B* merupakan pewarna sintetis yang berasal dari metanlinilat dan dipanel alanin yang berbentuk serbuk kristal berwarna merah keunguan dalam bentuk terlarut pada konsentrasi tinggi dan berwarna merah terang pada konsentrasi rendah. *Rhodamin B* dapat menyebabkan iritasi saluran pernafasan, iritasi kulit, iritasi pada mata, iritasi pada saluran pencernaan, keracunan, gangguan hati dan dapat menyebabkan kanker (Erlin, 2008).

Rhodamin B adalah zat warna yang sangat larut dalam air dan pelarut organik, dan warnanya berpijar merah kebiruan. *Rhodamin B* merupakan pewarna yang dipakai untuk industri cat, tekstil, dan kertas. *Rhodamin B* mempunyai berat molekul 479,06 g/mol dan mempunyai titik leleh 210-211°C. Senyawa ini mempunyai rumus molekul $C_{28}H_{31}ClN_2O_3$ dan mempunyai nama kimia N-[9-(2-karboksifenil)-6-(diethylamino)-3H-xanthene-3-ylidene]-N-ethyletanaminiumklorida. *Rhodamin B* juga sering disebut *Tetraethylrhodamin*; D&C Red No 19; *Rhodamin B* klorida; C.I basic violet 10: Cl. 45170 (Erlin, 2008).



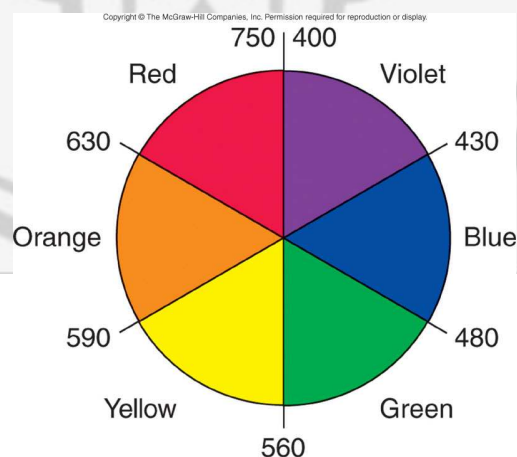
Gambar 2.5. Struktur kimia *Rhodamin B* dalam bentuk ion (Bhowal, dkk., 2009)

Penelitian mengenai zat warna tekstil *Rhodamin B* telah dilakukan oleh Bhowal, dkk. (2009) dengan mengadsorpsi *Rhodamin B* menggunakan biomassa *Rhizopus Oryzae*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya serap biomassa *Rhizopus Oryzae* optimal pada waktu pengadukan 60 menit, pH 7 dan konsentrasi larutan zat warna 30 mg/L.

2.6. Spektrofotometer UV

Spektrofotometri Ultraviolet (UV) dan tampak (Vis) merupakan metode yang digunakan untuk mengukur banyaknya radiasi ultraviolet dan tampak yang diserap oleh senyawa sebagai fungsi dari panjang gelombang radiasi.

Absorpsi cahaya ultraviolet atau cahaya tampak mengakibatkan transisi elektronik, yaitu promosi elektron-elektron dari orbital keadaan dasar yang berenergi rendah ke orbital keadaan tereksitasi berenergi lebih tinggi (Fessenden dan Fessenden, 1995). Pada Gambar 2.6. dipaparkan klasifikasi panjang gelombang untuk spektrum warna tertentu.



Gambar 2.6. Klasifikasi panjang gelombang untuk warna spektrum tertentu

Absorbansi sampel tergantung pada konsentrasi larutan (c dalam mg/L), panjang sel pada sampel (b dalam cm) dan karakteristik konstanta fisika dari sampel yang menyerap (absorptivitas, a dalam $L\ mg^{-1}\ cm^{-1}$). Ketergantungan ini diekspresikan dalam hukum Lambert-Beer:

$$A = a \cdot b \cdot c \quad (\text{Sastrohamidjojo, 1999}).$$

Fungsi spektrofotometer UV adalah untuk mengukur jumlah ikatan rangkap atau konjugasi aromatik dalam suatu molekul. Spektrofotometri ini secara umum membedakan diena terkonjugasi dari diena tidak terkonjugasi, diena terkonjugasi dari triena dan sebagainya (Fessenden dan Fessenden, 1995).

2.7. Spektrofotometer Inframerah

Spektrofotometri infra merah adalah suatu metode analisis yang didasarkan pada penyerapan sinar infra merah. Bagian molekul yang sesuai bila berinteraksi dengan sinar IR adalah ikatan di dalam molekul. Proses interaksi menghasilkan eksitasi energi vibrasi. Fungsi spektrofotometer infra merah adalah mengidentifikasi gugus-gugus fungsi yang ada dalam suatu molekul berdasarkan serapan gugus fungsi terhadap infra merah (Anwar, 1999).

Spektra inframerah berupa grafik dari presentasi transmitansi dengan panjang gelombang atau penurunan frekuensi. Tiap lekukan yang disebut gelombang atau puncak menunjukkan absorpsi dari radiasi inframerah oleh cuplikan pada frekuensi tersebut (Fessenden dan Fessenden, 1995).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Penentuan Objek Penelitian

3.1.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.

3.1.2. Populasi dan Sampel

Populasi pada penelitian ini adalah larutan zat warna *Rhodamin B* yang diadsorpsi dengan polisorbent (biomassa *Chlorella sp* yang diimmobilisasi dalam silika gel). Sampel adalah sebagian yang diambil dari populasi, sehingga sampel dalam penelitian ini adalah zat warna *Rhodamin B*.

3.2. Variabel Penelitian

3.2.1. Variabel bebas

Variabel bebas yaitu variabel yang akan diselidiki, pengaruhnya terhadap variabel terikat. Dalam hal ini adalah perbandingan massa SG: BC, pH larutan zat warna *Rhodamin B*, waktu kontak, massa adsorben, dan konsentrasi awal zat warna *Rhodamin B*.

3.2.2. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung dari variabel bebas yang diberikan dan diukur untuk menentukan ada tidaknya pengaruh (kriteria dari variabel bebas). Variabel terikat dalam hal ini adalah kapasitas zat warna *Rhodamin B* yang teradsorpsi oleh polisorbent.

3.2.3. Variabel terkontrol.

Variabel terkontrol yaitu variabel yang dijaga atau dikendalikan agar selalu konstan. Variabel ini meliputi kecepatan sentrifuge 3000 rpm, waktu sentrifuge 10 menit (Amaria, dkk., 2007) dan temperatur 27°C.

3.3. Alat dan Bahan

3.3.1. Alat

Alat yang digunakan: Spektrofotometer Genesys 20, IR Shimadzu FTIR – 8210 PC, Penggerus, Ayakan Tatonas, Neraca Analitik Ohaus, Shaker (SHA- C, Constant Temperature Oscillator), Oven (Mettler), Magnetic Stirrer, Labu Erlenmeyer (Pyrex), Corong (Pyrex), Gelas ukur (Pyrex), Labu takar (Pyrex), Pipet tetes dan pipet volume (Pyrex), Sentrifugasi, Tabung Sentrifugasi, Termometer, Rak tabung reaksi dan Tabung reaksi

3.3.2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Biomassa *Chlorella sp* dari BBAP Jepara, Silika Gel, Aquades, Aquabides, Zat warna *Rhodamin B*, KOH (E-Merck), HCl (E-Merck), Indikator pH, Kertas saring Whatman 42, Larutan buffer 4, 5, 6, 7, dan 8.

3.4. Prosedur Kerja

3.4.1. Pembuatan Polisorben dari Imobilisasi Biomassa *Chlorella sp* pada Silika Gel

Sebanyak 25 gram SG diaktivasi dengan 150 mL HCl 0,5 M diaduk kemudian dioven pada suhu 105°C selama 20 menit dan sebanyak 2,5 gram BC dilarutkan dalam 150 mL KOH 0,5 M. Selanjutnya 150 mL larutan BC

dicampurkan dengan SG hasil aktivasi dan diaduk selama 24 jam. Kemudian dikeringkan pada suhu 80°C sampai berat konstan dan didinginkan pada temperatur kamar. Penelitian di atas menunjukkan perbandingan SG:BC 10:1, kemudian melakukan hal yang sama dengan menggantikan perbandingan massa SG: BC 10:1 menjadi 10:0, 10:2, 0:10, 1:10 dan 2:10. Biomassa *Chlorella sp* yang diimobilisasi dalam silika gel (polisorben) digerus dan diayak dengan ayakan 100 mesh kemudian diidentifikasi gugus fungsinya dengan menggunakan alat IR Shimadzu FTIR-8210 PC (Juari, dkk., 2006 yang dimodifikasi).

3.4.2. Menentukan Panjang Gelombang Maksimal

Membuat larutan zat warna 10 ppm dari larutan induk, lalu diukur absorbansinya dengan spektrofotometer Genesys 20. Dari berbagai rentang panjang gelombang 550-560 nm akan memberikan absorbansi maksimal (Junaidi, 2009).

3.4.3. Menentukan Perbandingan Massa SG : BC Optimal

Membuat larutan zat warna *Rhodamin B* dengan pH 7 sebanyak 1000 mL dengan konsentrasi 30 ppm pada labu takar. Kemudian ambil 100 mL larutan dan masukkan masing-masing 1 gram serbuk polisorben dengan variasi perbandingan SG: BC (10:0, 10:1, 10:2, 0:10, 1:10, dan 2:10) pada tiap larutan zat warna. Campuran digojog selama 60 menit menggunakan *shaker* kemudian disentrifuge. Setelah disentrifuge, supernatan yang diperoleh diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimal dengan spektrofotometer Genesys 20.

3.4.4. Menentukan pH Larutan Zat Warna Optimal

Membuat larutan zat warna *Rhodamin B* dengan variasi pH 4, 5, 6, 7, dan 8 masing-masing 100 mL dengan konsentrasi 30 ppm pada *beaker glass*. Kemudian masukkan masing-masing 1 gram serbuk polisorbent (dengan perbandingan massa SG:BC optimal) pada tiap larutan zat warna. Campuran digojog selama 60 menit menggunakan *shaker* kemudian disentrifuge. Setelah disentrifuge, supernatan yang diperoleh diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimal dengan spektrofotometer Genesys 20 (Bhowal, dkk., 2006).

3.4.5. Menentukan Waktu Kontak Optimal

Menyiapkan 500 mL larutan zat warna *Rhodamin B* 30 ppm pada pH optimal. Pada tiap *beaker glass* yang berisi 100 mL larutan zat warna, tambahkan polisorbent (perbandingan massa SG:BC optimal) masing-masing 1 gram. Campuran digojog menggunakan *shaker* dengan variasi waktu 15, 30, 45, 60, dan 75 menit. Kemudian campuran disentrifuge dan supernatannya diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimal dengan spektrofotometer Genesys 20.

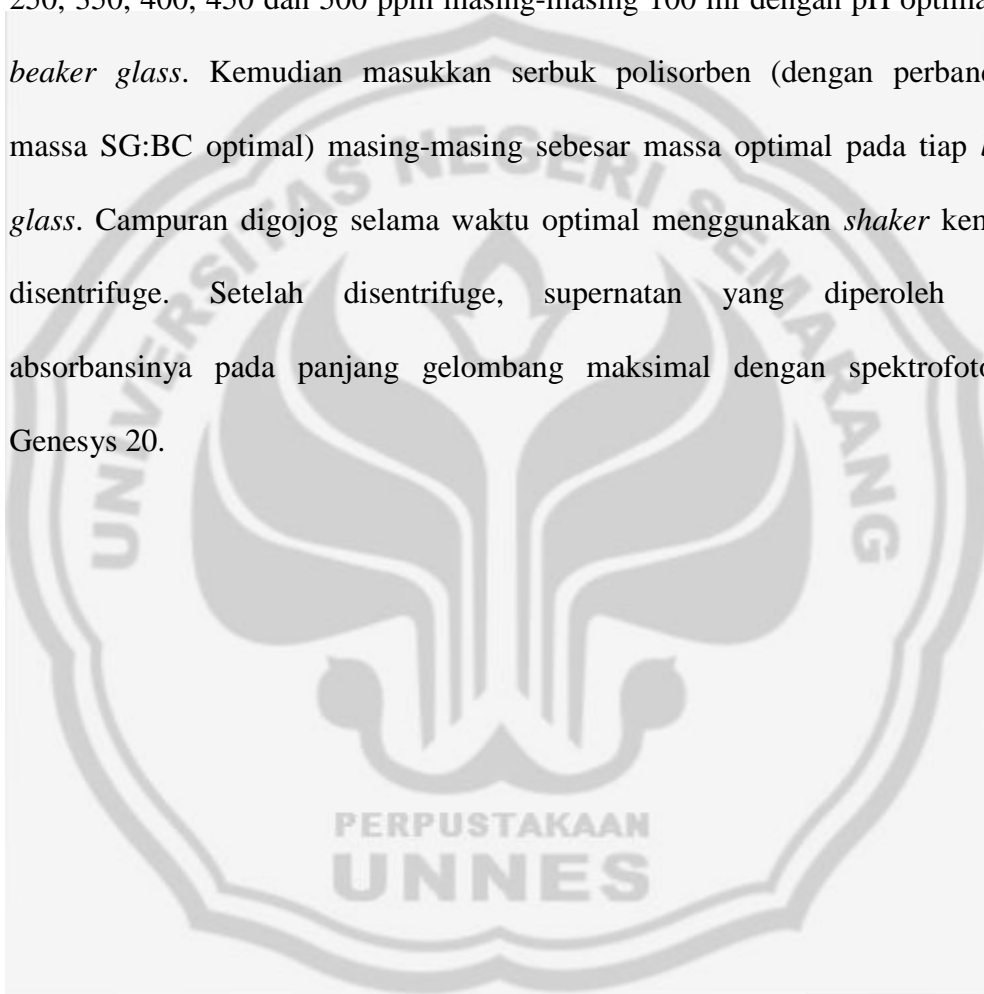
3.4.6. Menentukan Massa Adsorben Optimal

Menyiapkan 500 mL larutan zat warna *Rhodamin B* 30 ppm pada pH optimal yang masing-masing dituang ke dalam 5 *beaker glass* sebesar 100 mL. Pada tiap *beaker glass*, tambahkan polisorbent (perbandingan massa SG:BC optimal) dengan variasi massa 0,25; 0,5; 1; 1,5; dan 2 gram. Campuran digojog selama waktu optimal. Kemudian campuran disentrifuge dan supernatannya

diukur absorbansinya dengan spektrofotometer Genesys 20 pada panjang gelombang maksimal.

3.4.7. Menentukan Kapasitas Adsorpsi

Membuat larutan zat warna dengan variasi konsentrasi 30, 50, 100, 150, 250, 350, 400, 450 dan 500 ppm masing-masing 100 ml dengan pH optimal pada *beaker glass*. Kemudian masukkan serbuk polisorben (dengan perbandingan massa SG:BC optimal) masing-masing sebesar massa optimal pada tiap *beaker glass*. Campuran digojog selama waktu optimal menggunakan *shaker* kemudian disentrifuge. Setelah disentrifuge, supernatan yang diperoleh diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimal dengan spektrofotometer Genesys 20.



BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dibahas mengenai data-data hasil penelitian yang meliputi kajian tentang identifikasi perubahan gugus fungsional polisorbena (biomassa *Chlorella sp* yang telah diimmobilisasi dalam silika gel), kurva kalibrasi larutan standar *Rhodamin B*, perbandingan massa SG:BC optimal, pH optimal, waktu optimal, massa adsorben optimal, dan konsentrasi awal larutan zat warna *Rhodamin B*.

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Kimia Anorganik jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang pada bulan Desember meliputi kegiatan pembuatan polisorbena, penggerusan, pengayakan, pembuatan larutan, interaksi polisorbena dengan larutan sampel dan kegiatan terakhir adalah analisis dengan menggunakan spektrofotometer genesys 20.

4.1 Pembuatan Polisorbena dari Immobilisasi Biomassa *Chlorella sp* pada Silika Gel

Pada penelitian ini dilakukan proses immobilisasi *Chlorella sp* dalam silika gel dengan menggunakan metode Juari, dkk. (1989) yang dimodifikasi. Biomassa *Chlorella sp* yang digunakan dalam penelitian ini berwarna hijau lumut yang diperoleh dari BBAP Jepara dengan ukuran partikel lolos 100 mesh setelah diayak, sedangkan silika gel yang digunakan berwarna putih dengan ukuran partikel lolos 100 mesh yang diperoleh dari laboratorium anorganik UNNES.

Silika gel ditambahkan dengan HCl sehingga terbentuk suspensi berwarna putih. Penambahan HCl dilakukan dengan tujuan untuk membersihkan permukaan

pori. Perlakuan pemanasan pada suhu 105°C karena pada kondisi tersebut silika gel akan teraktivasi. Tujuan dari aktivasi tersebut yaitu untuk membuka dan memperbanyak situs aktif yang terdapat pada silika gel yaitu gugus Si-O. Biomassa *Chlorella sp* dilarutkan dalam KOH 0,5M dan akan diperoleh larutan hijau lumut.

Proses immobilisasi dilakukan dengan cara mencampurkan suspensi silika gel dengan larutan *Chlorella sp* yang kemudian diaduk dan dikeringkan pada suhu 80°C. Perlakuan dengan suhu 80°C, diharapkan agar *Chlorella sp* tidak rusak dan gugus fungsi yang terdapat pada dinding sel masih tetap aktif. Setelah proses pencampuran, pengadukan dan pengeringan diperoleh adsorben berwarna putih kehijauan, hal tersebut menandakan bahwa *Chlorella sp* sudah masuk kedalam pori-pori silika gel.

4.2 Analisis Spektrofotometer Infra Merah

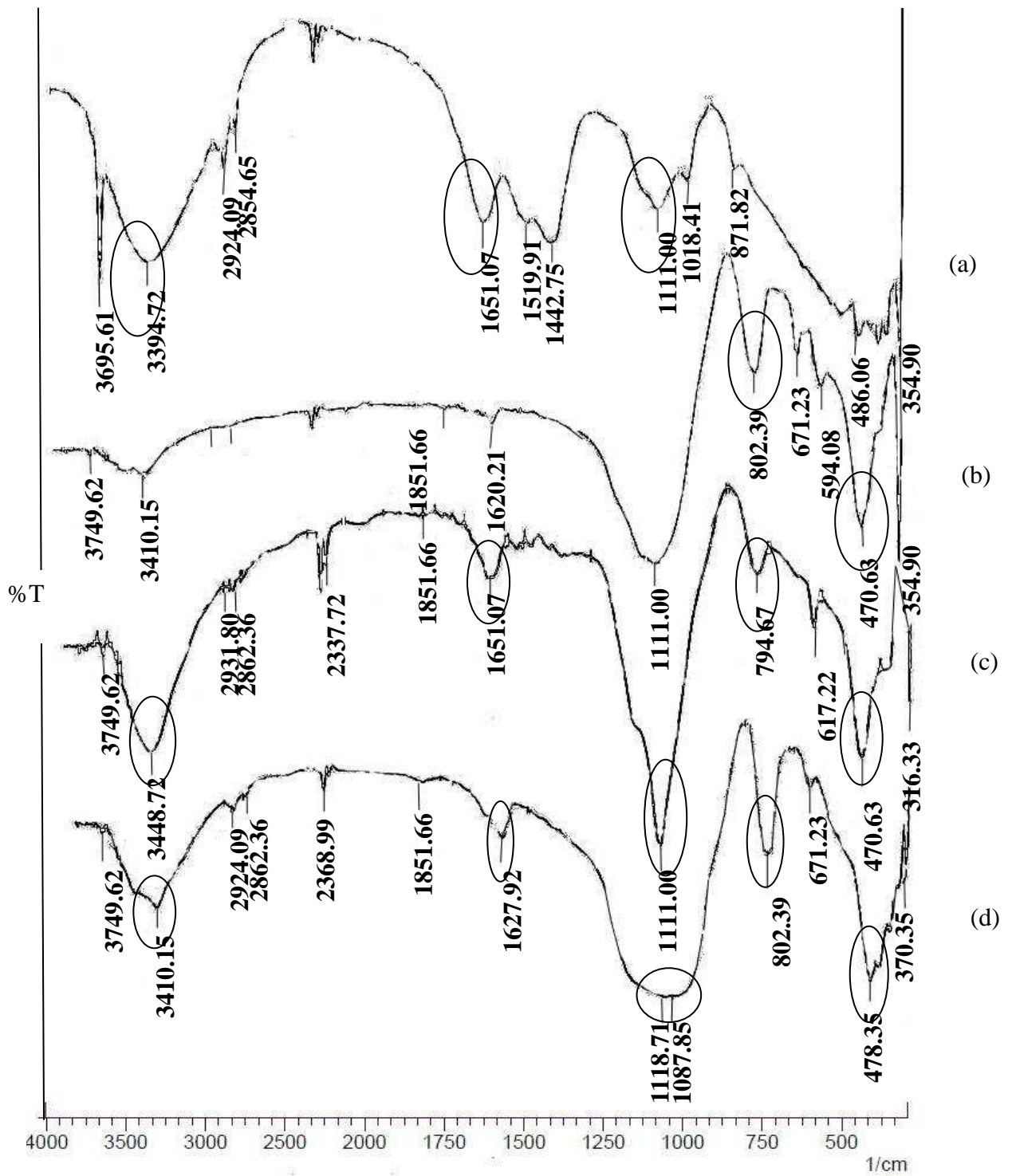
Hasil analisis biomassa *Chlorella sp*, silika gel, immobilisasi SG:BC 10:2 sebelum dan setelah adsorpsi dengan alat FTIR shimadzu disajikan pada Gambar 4.1. Identifikasi gugus fungsional adsorben menggunakan spektrofotometer infra merah bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsional yang berperan dalam adsorpsi zat warna *Rhodamin B*.

Menurut Kim, dkk. (2004), gugus karboksil dan amina merupakan gugus utama yang berperan dalam pengikatan kation. Hal ini sesuai dengan komposisi penyusun sel yang sebagian besar berupa protein dan polisakarida.

Berdasarkan Gambar 4.1. (a) dapat ditafsirkan bahwa serapan melebar pada 3394,72 cm⁻¹ merupakan serapan vibrasi ulur dari gugus -OH terikat hidrogen.

Dua serapan yang muncul pada bilangan gelombang 2924,09 dan 2854,65 cm^{-1} dapat ditafsirkan sebagai serapan vibrasi ulur asimetri $-\text{CH}$ ($-\text{CH}_3$) dan serapan vibrasi ulur simetri dari $-\text{CH}(-\text{CH}_2-)$. Serapan karakteristik pada bilangan gelombang 1651,07 cm^{-1} adalah akibat serapan ulur asimetri gugus (karbonil) $\text{C}=\text{O}$, sedangkan serapan yang muncul pada bilangan gelombang 1111,00 cm^{-1} merupakan serapan rentangan gugus karboksil ($\text{C}-\text{O}$). Serapan pada 3695,61 cm^{-1} merupakan serapan vibrasi ulur dari gugus $\text{N}-\text{H}$. Identifikasi gugus fungsi biomassa *Chlorella sp* di atas dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa gugus fungsi yang dapat diidentifikasi adalah $-\text{OH}$, $-\text{COOH}$, $-\text{NH}_2$ dan alifatik (Sastrohamidjojo, 1992).

Spektra IR pada Gambar 4.1. (b) dari silika gel dapat ditafsirkan pita khas pada 802,39 cm^{-1} adalah serapan vibrasi ulur simetri $\text{O}-\text{Si}-\text{O}$, sedangkan pada bilangan gelombang 470,63 cm^{-1} merupakan vibrasi tekuk $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$. Serapan pada 3410,15 cm^{-1} merupakan serapan vibrasi ulur dari gugus $-\text{OH}$ yang berasal dari $\text{Si}-\text{OH}$. Serapan vibrasi ulur gugus $\text{Si}-\text{H}$ yang berubah menjadi 2368,99 cm^{-1} . Serapan karakteristik pada bilangan gelombang 1620,21 cm^{-1} adalah akibat serapan gugus OH^- dari air (Warsito, dkk., 2009).



Gambar 4.1. Spektrum Inframerah (a) Biomassa *Chlorella sp*, (b) Silika Gel, dan (c) polisorben setelah adsorpsi, dan (d) Immobilisasi SG:BC 10: 2 sebelum adsorpsi

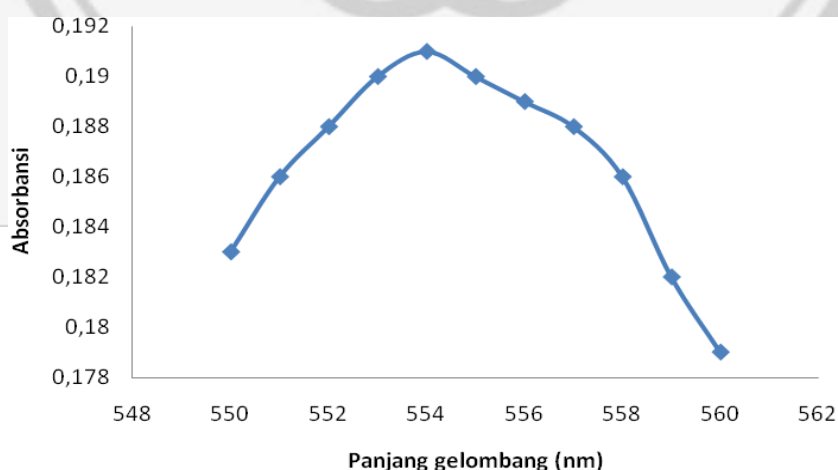
Berdasarkan Gambar 4.1. (c) yaitu menunjukkan spektra IR setelah adsorpsi terjadi beberapa pergeseran, pada puncak yang menunjukkan vibrasi ulur simetri O-Si-O dimana mempunyai bilangan gelombang $802,39 \text{ cm}^{-1}$ menjadi $794,67 \text{ cm}^{-1}$, sedangkan pada bilangan gelombang $470,63 \text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi tekuk Si-O-Si yang awalnya $478,35 \text{ cm}^{-1}$. Terdapatnya gugus silanol (Si-OH) diindikasikan terdapatnya gugus -OH pada bilangan gelombang $3448,72 \text{ cm}^{-1}$ yang awalnya $3410,15 \text{ cm}^{-1}$. Serapan pada bilangan gelombang $2368,99 \text{ cm}^{-1}$ merupakan serapan vibrasi ulur gugus Si-H yang berubah menjadi $2337,72 \text{ cm}^{-1}$. Serapan pada $1651,07 \text{ cm}^{-1}$ merupakan serapan vibrasi ulur dari gugus karbonil (C=O) yang awalnya $1627,92 \text{ cm}^{-1}$, sedangkan serapan kuat pada $1111,00 \text{ cm}^{-1}$ merupakan serapan vibrasi ulur dari gugus karboksil (C-O) yang mengalami perubahan dari $1118,71 \text{ cm}^{-1}$ sedangkan serapan yang lainnya tetap. Gambar 4.1. (d) dapat disimpulkan gugus yang mengalami perubahan adalah O-Si-O, Si-O-Si, Si-OH, Si-H, -OH, dan -COOH. (Warsito, dkk., 2009).

Berdasarkan Gambar 4.1. (d) tampak adanya puncak lebar dan kuat pada bilangan gelombang $1087,86 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi ulur asimetri Si-O-Si dan pada bilangan gelombang $802,39 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi ulur simetri O-Si-O. Vibrasi ulur gugus N-H muncul pada bilangan gelombang $3749,62 \text{ cm}^{-1}$, sedangkan pada bilangan gelombang $478,35 \text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi tekuk Si-O-Si. Terdapatnya gugus silanol (Si-OH) diindikasikan terdapatnya gugus -OH pada bilangan gelombang $3410,15 \text{ cm}^{-1}$. Serapan pada $2924,09 \text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi ulur asimetri -CH(-CH₂-), sedangkan pada $2862,36 \text{ cm}^{-1}$ merupakan serapan vibrasi ulur simetri -CH(-CH₃). Serapan pada bilangan gelombang $2368,99 \text{ cm}^{-1}$

merupakan serapan vibrasi ulur gugus Si-H. Serapan pada $1627,92\text{ cm}^{-1}$ merupakan serapan vibrasi ulur dari gugus karbonil (C=O), serapan kuat pada $1118,71\text{ cm}^{-1}$ merupakan serapan vibrasi ulur gugus karboksil (C-O). Gambar 4.1. (c) dapat disimpulkan gugus yang dapat diidentifikasi adalah Si-O-Si, Si-OH, Si-H, -OH, -NH₂, -COOH, dan alifatik (Warsito, dkk., 2009).

4.3 Penentuan Perbandingan Massa SG:BC Optimal

Tujuan dari penelitian perbandingan massa silika gel dengan biomassa *Chlorella sp* untuk mengetahui harga perbandingan massa yang optimal adsorpsi zat warna tekstil *Rhodamin B* oleh biomassa *Chlorella sp* yang diimobilisasi dalam silika gel. Sebelum melakukan variasi perbandingan massa SG:BC, terlebih dahulu ditentukan panjang gelombang maksimal. Panjang gelombang maksimal mempunyai arti bahwa panjang gelombang tersebut mempunyai absorbansi yang paling besar diantara panjang gelombang yang lain pada rentang panjang gelombang tertentu. Zat warna *Rhodamin B* mempunyai panjang gelombang maksimum pada 554 nm yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Kurva panjang gelombang maksimal zat warna *Rhodamin B*

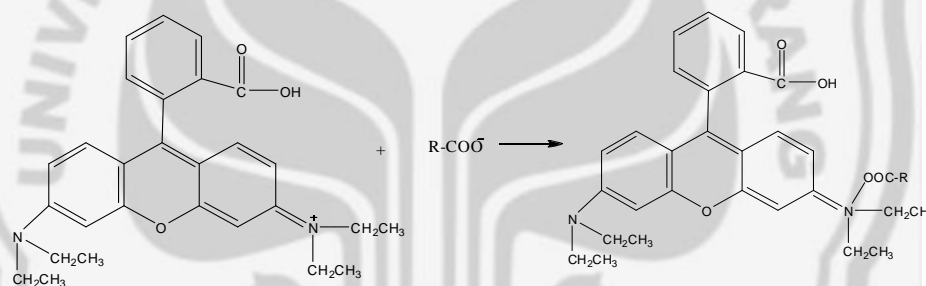
Variasi perbandingan massa SG: BC yang digunakan dalam penelitian ini adalah 10:0, 10:1, 10:2, 0:10, 1:10, dan 2:10 dengan pH dan waktu kontak tetap yaitu 7 dan 60 menit dengan banyaknya adsorben 1 gram pada konsentrasi zat warna 30 ppm. Sebelum mengukur absorbansi tiap sampel, spektrofotometer genesys 20 terlebih dahulu dikalibrasi. Pengukuran kalibrasi dimaksudkan untuk membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh sistem pengukuran, atau nilai yang diwakili oleh bahan ukur, dengan nilai-nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dari besaran yang diukur dalam kondisi tertentu. Kurva kalibrasi dari optimalisasi perbandingan massa SG: BC dapat dilihat pada Lampiran 3.2.

Persamaan yang diperoleh dari kurva kalibrasi yaitu $y = 0,014x + 0,031$, dapat digunakan untuk menghitung zat warna yang teradsorpsi pada adsorben dengan perbandingan massa SG: BC yang berbeda.

Berdasarkan perhitungan pada lampiran 3.2 dapat dilihat bahwa pada perbandingan massa SG:BC 0:10 dan 1:10 diperoleh zat yang teradsorpsi sama yaitu 1,5714 mg/g. Ketika dilakukan penambahan silika gel berubah menjadi perbandingan massa SG:BC 2:10 terjadi peningkatan sebesar 0,3714 mg/g, hal ini dimungkinkan karena berkurangnya mobilitas biomassa *Chlorella sp* sehingga dapat meningkatkan zat teradsorpsi menjadi 1,9428 mg/g. Sedangkan pada perbandingan dengan jumlah *Chlorella sp* yang sedikit dan silika gelnya banyak yaitu SG:BC 10:0 diperoleh zat teradsorpsi sebesar 0,0214 mg/g. Hal ini dimungkinkan rendahnya kemampuan oksigen (silanol dan siloksan) sebagai donor pasangan elektron, yang berakibat lemahnya ikatan pada permukaan silika. Rendahnya kemampuan oksigen sebagai donor merupakan akibat oksigen terikat

langsung pada atom Si dalam struktur silika gel (Buhani, dkk., 2009). Penambahan biomassa *Chlorella sp* pada perbandingan 10:1 mengakibatkan jumlah zat yang diadsorpsi bertambah yaitu sebesar 0,2285 mg/g, hal ini menunjukkan kalau biomassa *Chlorella sp* sangat berperan dalam mengadsorpsi zat warna. Zat warna *Rhodamin B* teradsorpsi paling besar pada perbandingan 10:2 yaitu sebesar 2,4500 mg/g, dikarenakan pada *Chlorella sp* terdapat gugus karboksil yang dapat berikatan dengan zat warna *Rhodamin B*. Hal ini dapat ditunjukkan dari hasil energi yang diperoleh yaitu sebesar $32,5528 \text{ kJ mol}^{-1}$.

Reaksi yang mungkin terjadi antara gugus karbonil dengan zat warna *Rhodamin B*:



Sumber: Bhowal, dkk., 2009.

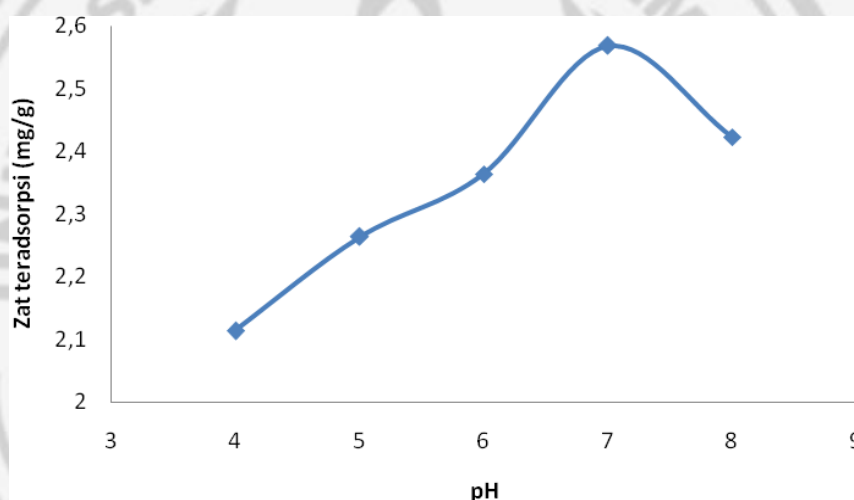
Kenaikan zat teradsorpsi SG:BC 10:2 sangat besar dibandingkan saat perbandingan SG:BC 2:10, hal ini dikarenakan adanya gugus $-\text{NH}_2$ yang akan tolak-menolak dengan zat warna *Rhodamin B* sehingga berpengaruh pada saat proses pengikatan polisorbena terhadap zat warna *Rhodamin B* yang merupakan zat warna kation.

4.4 Penentuan pH Adsorpsi Zat Warna *Rhodamin B* Optimal

Tujuan dari penelitian pH optimal adsorpsi untuk mengetahui harga pH optimal adsorpsi zat warna tekstil *Rhodamin B* oleh biomassa *Chlorella sp* yang

diimobilisasi dalam silika gel. Variasi pH yang digunakan dalam penelitian ini adalah pada rentang pH 4-8. Sebelum mengukur absorbansi tiap sampel, spektrofotometer genesys 20 terlebih dahulu dikalibrasi. Kurva kalibrasi dari optimalisasi pH dapat dilihat pada Lampiran 3.3.

Persamaan $y = 0,022x + 0,008$ merupakan persamaan dari kurva kalibrasi yang dapat digunakan untuk menghitung zat warna yang teradsorpsi pada polisorben sehingga dapat diketahui pH optimal. Hasil yang didapatkan, kemudian dibuat kurva seperti pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Kurva hubungan pH larutan zat warna terhadap zat yang teradsorpsi oleh polisorben

Dari Gambar 4.3. terlihat bahwa adsorpsi oleh polisorben semakin meningkat dari pH 4 sampai pH 7 dan kemudian adsorpsi cenderung menurun. Semakin tinggi pH maka penurunan jumlah ion *Rhodamin B* (mg/g) makin besar. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi pH mempengaruhi kemampuan polisorben dalam mengadsorpsi ion *Rhodamin B*. Menurut Jumaeri (1995), warna sangat peka terhadap keasaman sehingga adsorpsi lebih baik jika dilakukan dalam suasana netral. Pada pH makin rendah, ion H^+ dalam larutan akan semakin

mengganggu pengikatan antara polisorben dan ion *Rhodamin B*, karena semakin banyak gugus karboksil dan siloksan pada polisorben yang mengikat ion H^+ dan menjadi bermuatan positif, sehingga polisorben makin sulit berikatan dengan ion zat warna *Rhodamin B*. Oleh karena dalam beberapa hal ion-ion zat warna dan ion H^+ berkompetisi dalam memperebutkan ligan sehingga dapat dipahami bahwa kemampuan pengomplekan suatu ion zat warna dipengaruhi oleh pH (Rahayu dan Purnavita, 2007). pH optimal yang terjadi pada larutan zat warna *Rhodamin B* adalah pH 7 atau pH netral dengan jumlah zat yang teradsorpsi pada polisorben sebesar 2,5681 mg/g. Hal ini dimungkinkan titik isoelektronik *Rhodamin B* terletak pada pH 7 dan pada kondisi netral gugus fungsi yang terdapat pada adsorben dapat mengikat zat warna secara maksimal.

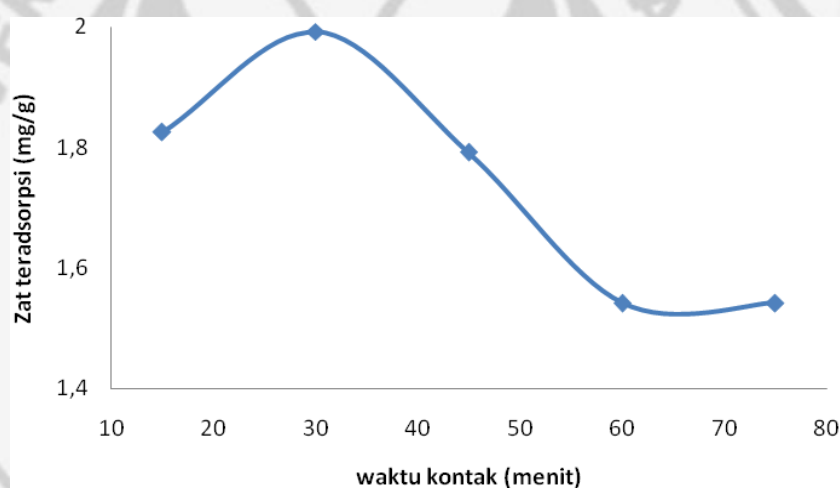
Pada pH 8 terjadi penurunan, hal ini dikarenakan ion OH^- yang terlalu banyak dalam larutan tidak mampu ditangkap oleh zat warna, sehingga masih banyak ion OH^- yang bebas di dalam larutan. Gugus karboksil yang terdapat pada adsorben merupakan gugus aktif yang bermuatan parsial positif, sehingga pada waktu penambahan basa warna cenderung bermuatan parsial negatif. Hal ini menyebabkan terjadinya kompetisi antara zat warna dengan ion OH^- bebas untuk menempati permukaan polisorben yang akan menurunkan daya adsorpsi zat warna dengan adsorben (Ningrum, dkk., 2000).

4.5 Penentuan Waktu Kontak Optimal

Pengamatan mengenai optimalisasi waktu kontak mempunyai tujuan untuk mengetahui waktu kontak optimal antara polisorben sebagai adsorben dan zat warna *Rhodamin B* sebagai adsorbat. Waktu kontak dan tumbukan merupakan

faktor penting dalam adsorpsi. Waktu kontak divariasikan mulai 15, 30, 45, 60, dan 75 menit dengan volume larutan zat warna *Rhodamin B* sebanyak 100 mL pada pH 7 dengan konsentrasi zat warna 30 ppm. Untuk mengetahui waktu kontak optimal pada polisorbena, sebelumnya dibuat kurva kalibrasi yang dapat dilihat pada Lampiran 3.4.

Persamaan kurva kalibrasi $y = 0,012x - 0,003$ dapat digunakan untuk menghitung zat warna yang teradsorpsi pada polisorbena sehingga dapat diketahui waktu kontak optimal. Hasil yang didapatkan, kemudian dibuat kurva untuk menghubungkan waktu dengan zat yang teradsorpsi seperti pada Gambar 4.4.



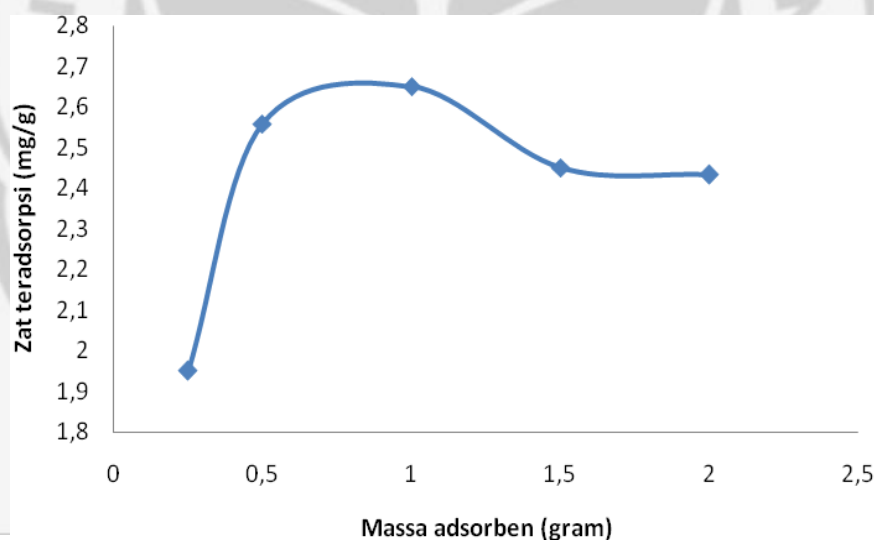
Gambar 4.4. Kurva hubungan waktu kontak terhadap zat warna yang teradsorpsi pada polisorbena

Gambar 4.4. menunjukkan bahwa kondisi optimal adsorpsi terjadi pada waktu kontak 30 menit dengan jumlah zat warna teradsorpsi sebesar 1,9916 mg/g. Dari kurva dapat terlihat bahwa penambahan waktu adsorpsi tidak dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi bahkan cenderung menurun dan konstan, hal ini dikarenakan situs aktif pada permukaan adsorbena telah jenuh oleh ion zat warna. Kondisi tersebut menurun setelah waktu kontak 30 menit, hal ini

disebabkan polisorbena yang telah jenuh oleh ion zat warna sedikit demi sedikit situs aktif yang berikatan mulai melepaskan ion zat warna kembali ke dalam larutan, sehingga penambahan waktu tidak lagi meningkatkan penyerapan ion zat warna *Rhodamin B* (Saefudin, dkk., 2000).

4.6 Penentuan Massa Adsorben Optimal

Tujuan dari variasi massa adsorben yaitu untuk mengetahui seberapa besar massa adsorben yang memberikan hasil zat teradsorpsi yang optimal. Massa adsorben divariasikan mulai 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5; dan 2,0 gram dengan volume larutan zat warna *Rhodamin B* 30ppm sebanyak 100 mL pada pH 7 dan waktu kontak 30 menit. Untuk mengetahui massa adsorben optimal pada polisorbena, sebelumnya dibuat kurva kalibrasi yang dapat dilihat pada Lampiran 3.5.

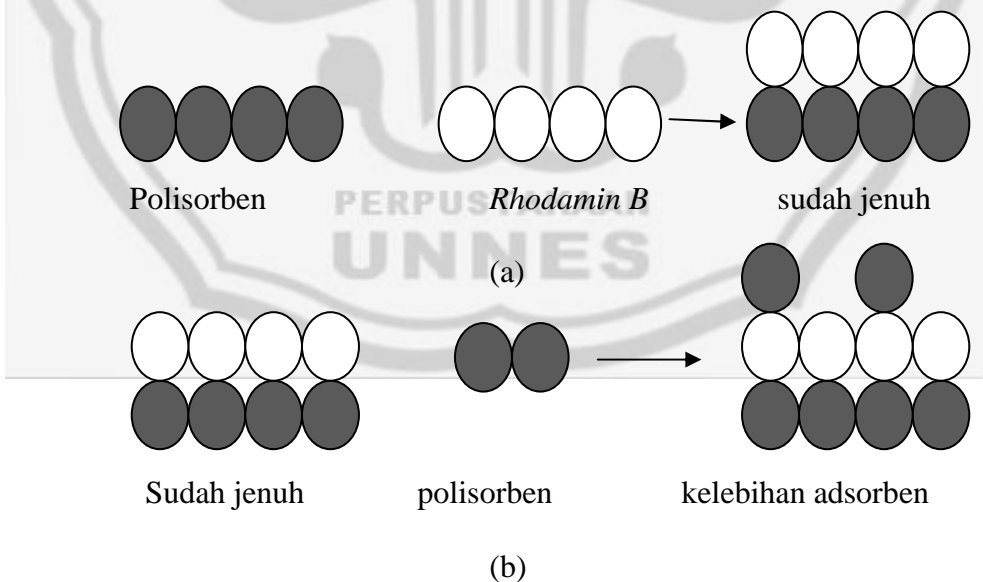


Gambar 4.5. Kurva hubungan massa adsorben terhadap zat warna yang teradsorpsi pada polisorbena

Persamaan $y = 0,012x - 0,001$ merupakan persamaan dari kurva kalibrasi dapat digunakan untuk menghitung zat warna yang teradsorpsi pada polisorbena sehingga dapat diketahui massa adsorben optimal. Hasil yang didapatkan,

kemudian dibuat kurva untuk menghubungkan massa adsorben dengan zat yang teradsorpsi seperti pada Gambar 4.5.

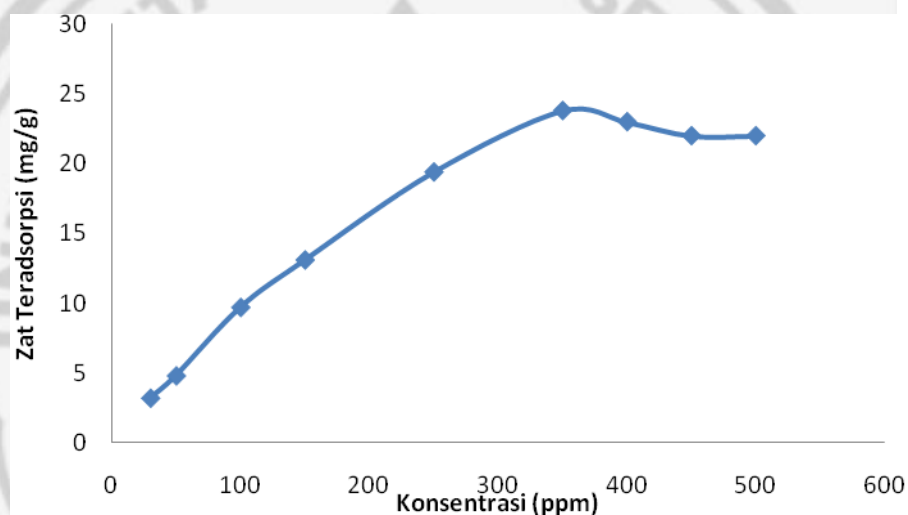
Menurut Sumarni (1993), penambahan massa adsorben memperbesar daya serap adsorbat. Hal itu disebabkan karena semakin banyak massa adsorben, semakin banyak gugus aktif yang terdapat pada adsorben sehingga dapat menaikkan molekul adsorbat yang terserap. Tetapi pada Gambar 4.6. menunjukkan bahwa massa adsorben optimal terjadi pada massa 1 gram yaitu sebesar 2,6500 mg/g kemudian terjadi sedikit penurunan zat yang teradsorpsi. Hal ini dikarenakan adsorben sudah dalam keadaan jenuh, sehingga penambahan adsorben tidak akan meningkatkan zat warna yang teradsorpsi. Terjadinya penurunan dikarenakan adsorben yang berlebih adapat menutupi adsorben lain yang sudah mengikat zat warna sehingga zat yang terserap akan menurun. Keterangan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Proses adsorpsi dengan variasi massa adsorben (a) biomassa *Chlorella sp* sudah jenuh oleh zat warna *Rhodamin B*, dan (b) penambahan adsorben pada keadaan sudah jenuh yang menyebabkan menurunnya zat yang teradsorpsi.

4.7 Penentuan Kapasitas Adsorpsi

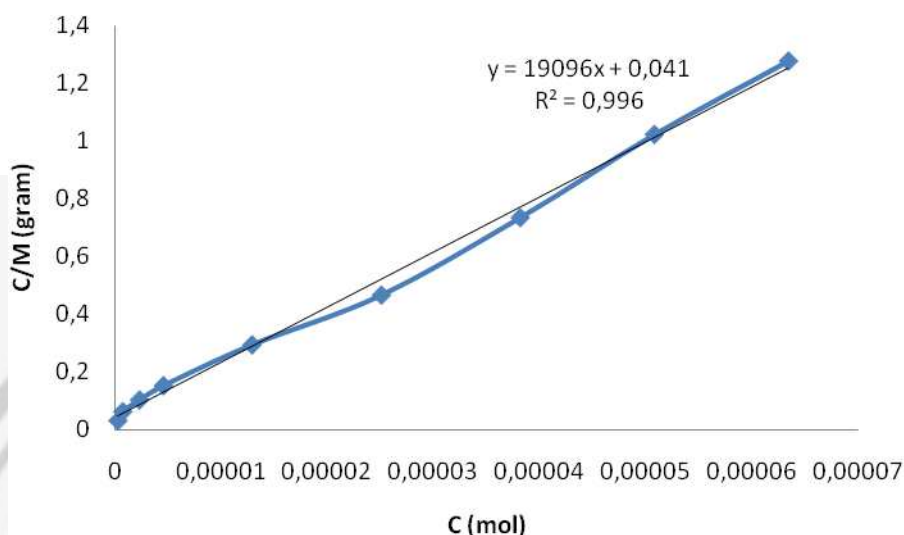
Studi adsorpsi terhadap zat warna *Rhodamin B* oleh polisorbena dilakukan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi polisorbena sebagai adsorbena ion zat warna *Rhodamin B*. Konsentrasi zat warna divariasia dari 30, 50, 100, 150, 250, 350, 400, 450 dan 500 ppm. Massa adsorbena yang digunakan untuk mengadsorpsi zat warna *Rhodamin B* adalah 1 gram pada pH 7 dan waku kontak 30 menit. Berikut ini grafik hubungan antara zat teradsorpsi terhadap konsentrasi.



Gambar 4.7. Kurva hubungan antara zat yang teradsorpsi Vs konsentrasi

Penentuan kapasitas adsorpsi dilakukan untuk mengetahui kemampuan polisorbena mengikat ion *Rhodamin B*. Model isotherm Langmuir adsorpsi digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi. Adsorpsi Langmuir berasumsi bahwa pada permukaan adsorbena terdapat sejumlah situs aktif (*active sites*) tertentu yang sebanding dengan luas permukaan adsorbena, sehingga bila situs aktif pada permukaan dinding sel adsorbena telah jenuh oleh ion zat warna, maka penambahan konsentrasi tidak lagi dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi dari

adsorben tersebut (Oscik, 1982). Untuk mengetahui kapasitas adsorpsi, sebelumnya dibuat kurva kalibrasi yang dapat dilihat pada Lampiran 3.6.



Gambar 4.8. Kurva hubungan C terhadap C/M pada polisorbena

Penerapan model isoterm adsorpsi Langmuir memperlihatkan adanya hubungan linear antara C/m dengan C, seperti ditunjukkan melalui persamaan berikut:

$$\frac{C}{m} = \frac{1}{bK} + \frac{C}{b}$$

Kapasitas adsorpsi adalah daya adsorpsi maksimal suatu adsorben terhadap adsorbat. Dari persamaan di atas dapat diketahui bahwa kapasitas adsorpsi pada polisorbena yaitu sebesar 23,2279 mg/g dengan energi yang dihasilkan adalah 32,5528 kJ mol⁻¹. Dari hasil energi dapat dilihat bahwa adsorpsi yang terjadi antara ion zat warna *Rhodamin B* dengan polisorbena adalah adsorpsi kimia. Hal ini juga dapat dilihat dari hasil FTIR setelah adsorpsi yang terjadi pergeseran bilangan gelombang pada gugus karboksil, hidroksil, siloksan dan silanol.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Pada penelitian adsorpsi zat warna *Rhodamin B* oleh polisorben dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. Perbandingan massa SG:BC yang mengadsorpsi zat warna *Rhodamin B* adalah pada perbandingan SG:BC 10:2 dengan zat yang teradsorpsi 2,4500 mg/g.
2. Kondisi optimal yang diperoleh untuk mengadsorpsi zat warna *Rhodamin B* menggunakan polisorben terjadi pada pH 7 (2,5681 mg/g), waktu kontak 30 menit (1,9916 mg/g), dan massa adsorben 1 gram (2,6500 mg/g).
3. Kapasitas adsorpsi zat warna *Rhodamin B* oleh biomassa *Chlorella sp* yang diimmobilisasi dalam silika gel (polisorben) adalah 23,2279 mg/g dengan energi sebesar 32,5528 kJ/mol.

5.2. Saran

Saran yang dapat penulis sampaikan sehubungan dengan hasil penelitian ini adalah:

1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut tentang adsorpsi oleh polisorben dengan zat warna lain atau adsorpsi zat warna *Rhodamin B* oleh adsorben lain.
2. Mencoba metode lain untuk immobilisasi *Chlorella sp* dalam silika gel yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaria, Agustini, Cahyaningrum, Juari dan Narsito. 2007. Adsorpsi Zn (II) Menggunakan Biomassa *Saccharomyces cerevisiae* yang Diimobilisasi pada Silika Secara Sol Gel. *Akta Kimindo Vol. 2 No. 2 April 2007: 63 – 74*. Yogyakarta: Jurusan Kimia UGM.
- Anwar, Chairil. 1999. *FTIR: Prinsip dan Aplikasinya dalam industri*. Yogyakarta: Laboratorium Kimia Organik FMIPA UGM.
- Atkins, P. W. 1999. *Kimia Fisika jilid 2, ed. 4*. Jakarta : Erlangga.
- Bahl, B. S., G. D. Tuli, dan Arun Bahl. 2004. *Essentials of Physical Chemistry*. New Delhi: S. Chand & Company Ltd.
- Bhowal, Das, S., Das, A., and Arun K. Guha. 2009. Adsorption Behavior of *Rhodamine B* on *Rhizopus oryzae* Biomass. *Langmuir*, 2006, 22 (17), 7265-7272. Indian Assn Cultivation of SCI India.
- Buhani, Narsito, Nuryono, dan Eko S. Kunarti. 2009. Hibrida Amino Silika dan Merkupto Silika sebagai Adsorben untuk Adsorpsi Ion Cd (II) dalam Larutan. *Indo J. Chem.*, 2009. 9(2), 170-176. Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Lampung dan Jurusan Kimia, FMIPA, UGM.
- Connel, Des W. 1990. *Bioaccumulation of Xenobiotic Compoun*. Florida: CRC Drees Inc.
- Crist, R. H. 1981. Nature of Bonding Between Metalic Ion and Algae Cell Walls. *Environ. Sci. Technol.*
- Erlin, Paramita. B. 2008. *Analisis Rhodamin B dalam Saos dan Cabe Giling di Pasar Kecamatan Laweyan Kotamadya Surakarta dengan Metode Kromatografi Lapis Tipis*. Skripsi. Solo: Fakultas Farmasi UMS.
- Fessenden, R.J. dan Fessenden, J.S. 1995. *Kimia Organik*, edisi 3, jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- Gadd, G. M. 1990. *Biosorptions*. Chem and ind. Weinheim, Germany.
- Handoyo, S. 2000. *Kimia Anorganik I*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Juari, S., Sudiono, S., dan Sujandi, S. 2006. Peat Soil Humic Acid Immobilization on Silca Gel and Its Aplication as an Adsorbent for the Selective Adsorption of Copper. *e-J. Surf. Sci. Nanotech. Vol. 4 (2006)602-608*. Yogyakarta: UGM.

- Jumaeri. 1995. *Studi tentang Pemanfaatan Abu Layang sebagai Adsorben Zat Warna dalam Larutan Air*. Tesis. Yogyakarta: UGM.
- Junaidi, M., 2009. *Pengaruh Waktu Elektrodekolorasi Rhodamin B dalam Sampel Simulasi limbah Cair Industri Tekstil terhadap Penurunan Kadarnya pada pH dan Konsentrasi Elektrolit Optimum*. Tugas Akhir II. Semarang: Unnes.
- Kim, Tae Young, Sun-Kyu Park, Sung-Yong Cho, Hwan-Beom Kim, Yong Kang, Sang-Done Kim, dan Seung-Jai Kim. 2004. Adsorption of Heavy Metal by Brewery Biomass. *Korean J. Chem. Eng.*
- Kumar, H.D and Singh, H. N., 1976. *A Textbook of Algae, Second edition*, Affiliated East West PUT Ltd. New Delhi.
- Latifah. 1998. *Pengaruh Imobilisasi Biomassa Chlorella sp pada Polimer Etil Akrilat – Etilen Glikol Dimetakrilat Terhadap Pola Adsorpsi Tembaga (II), Seng (II), Timbal (II)*. Tesis. Yogyakarta: UGM.
- Manurung, Rosdanelli, dan Irvan. 2004. Perombakan Zat Warna Azo Reaktif Secara Anaerob-Aerob. *e-USU Repository*. Jurnal Teknik Kimia Universitas Sumatra Utara.
- Ningrum, Lusiana, dan Nuryanto. 2000. Dekolorisasi *Remazol Brilliant Blue* dengan Menggunakan Karbon Aktif. Semarang: UNDIP.
- Oscik, J., 1982, *Adsorption*, Ellis Horwood Limited, England.
- Ohama, T dan S, Miyachi. 1992. *Microalgae Biotechnology*. New York: Scientific publishing.
- Rahayu dan Purnavita. 2007. Optimasi Pembuatan Kitosan dari Kitin Limbah Cangkang Rajungan (*Portunus Pelagicus*) untuk Adsorben Ion Logam Merkuri. *Reaktor, Vol. 11 No.1, Juni 2007, Hal. : 45-49*. Semarang: Akademi Kimia Industri St. Paulus.
- Ruswati. 2003. *Sintesis dan Karakterisasi Algasorb Chlorella Sp dalam Polistirena*. Tugas Akhir II. Semarang: Jurusan Kimia FMIPA UNNES.
- Sachlan, M. 1982. *Planktonologi*. Semarang: Fakultas Peternakan dan Perikanan UNDIP.
- Saefudin, Trisna, dan Kusnadi. 2000. Pengaruh pH dan Waktu Kontak terhadap Biosorpsi Logam Zn oleh Biomassa *Aspergillus niger* Van Tregheem pada Larutan Limbah Pertambangan Nikel. Bandung: UPI.

- Sastrohamidjojo, Hardjono. 1999. *Spektrometri UV-Vis*. Yogyakarta: FMIPA UGM.
- Sastrohamidjojo, Hardjono. 1992. *Spektroskopi Inframerah*. Yogyakarta: Liberty.
- Soemirat. 2003. *Toksologi Lingkungan*. Yogyakarta: UGM-Press.
- Sudarmadji, Bambang Haryono dan Suhardi. 1997. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty.
- Suhendrayatna. 2001. Bioremoval Logam Berat Dengan Menggunakan Mikroorganisme. *Kajian Kepustakaan*, Kagosami: Sinergi Forum PPI Tokyo.
- Sumarni, Woro. 1993. *Studi Penggunaan Jerami Padi untuk Menghilangkan Ion-Ion Logam Berat Cu(II), Cd(II), Cr(VI) dari dalam Air*. Tesis. Semarang: UNNES.
- Suwarsa, S. 1998. Penyerapan Zat Warna Tekstil *BR Red HE 7B* oleh Jerami Padi. *JMS Vol. 3 No. 1*, hal. 32 - 40. Bandung: Jurusan Kimia-ITB.
- Triyatno. 2004. *Kapasitas Adsorpsi Alga Chlorella sp Yang Diimobilisasi Dalam Silika Gel Terhadap Ion Logam Cu Dalam Limbah Kuningan*. Tugas Akhir II. Semarang: Jurusan Kimia F MIPA UNNES.
- Vogel, 1985. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*, edisi 5. Jakarta: PT. Kalman Media Pusaka.
- Warsito, Sriatun dan Taslimah. 2009. Pengaruh Penambahan Surfaktan *Cetyltrimethylammoniumbromide* (n-CTMABr) pada Sintesis Zeolit-Y. Semarang: UNDIP.
- Winarno, F. G. 1984. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT. Gramedia.

LAMPIRAN 1

Pembuatan Larutan Kerja

1. Pembuatan larutan induk zat warna 500 ppm

Menimbang 540,017 mg zat warna *Rhodamin B* kemudian dilarutkan dengan aquades dalam labu takar ukuran 1000 mL dan gojog sampai homogen.

$$\frac{x \text{ mg}}{\cancel{\text{mL}}} = \frac{500 \text{ mg}}{\cancel{\text{mL}}} \times \frac{Mr_{RhB}}{Ar_{RhB}}$$

$$x = 500 \text{ mg} \times \frac{479,06}{443,56}$$

$$x = 540,017 \text{ mg}$$

2. Pembuatan Larutan Buffer

- a. Larutan Buffer pH = 4

Sebanyak 20,5 mL larutan CH_3COOH 0,2 M ditambah dengan 4,5 mL larutan CH_3COONa 0,2 M kemudian diencerkan hingga 50 mL (Sudarmaji, 1997)

- b. Larutan Buffer pH = 5

Sebanyak 7,4 mL larutan CH_3COOH 0,2 M ditambah dengan 17,6 mL larutan CH_3COONa 0,2 M pada labu ukur kemudian diencerkan hingga 50 mL (Sudarmaji, 1997)

- c. Larutan Buffer pH = 6

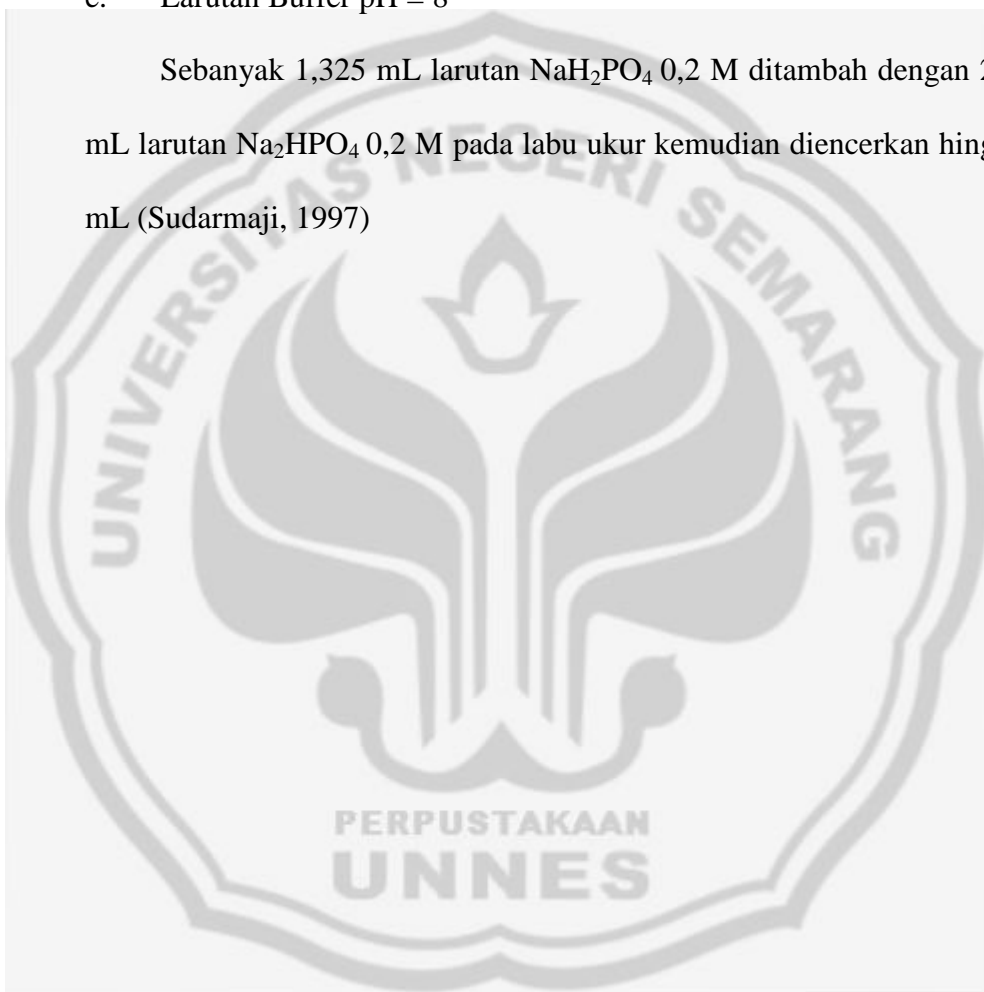
Sebanyak 21,925 mL larutan NaH_2PO_4 0,2 M ditambah dengan 3,075 mL larutan Na_2HPO_4 0,2 M kemudian diencerkan hingga 50 mL (Sudarmaji, 1997)

d. Larutan Buffer pH = 7

Sebanyak 9,75 mL larutan NaH_2PO_4 0,2 M ditambah dengan 15,25 mL larutan Na_2HPO_4 0,2 M pada labu ukur kemudian diencerkan hingga 50 mL (Sudarmaji, 1997)

e. Larutan Buffer pH = 8

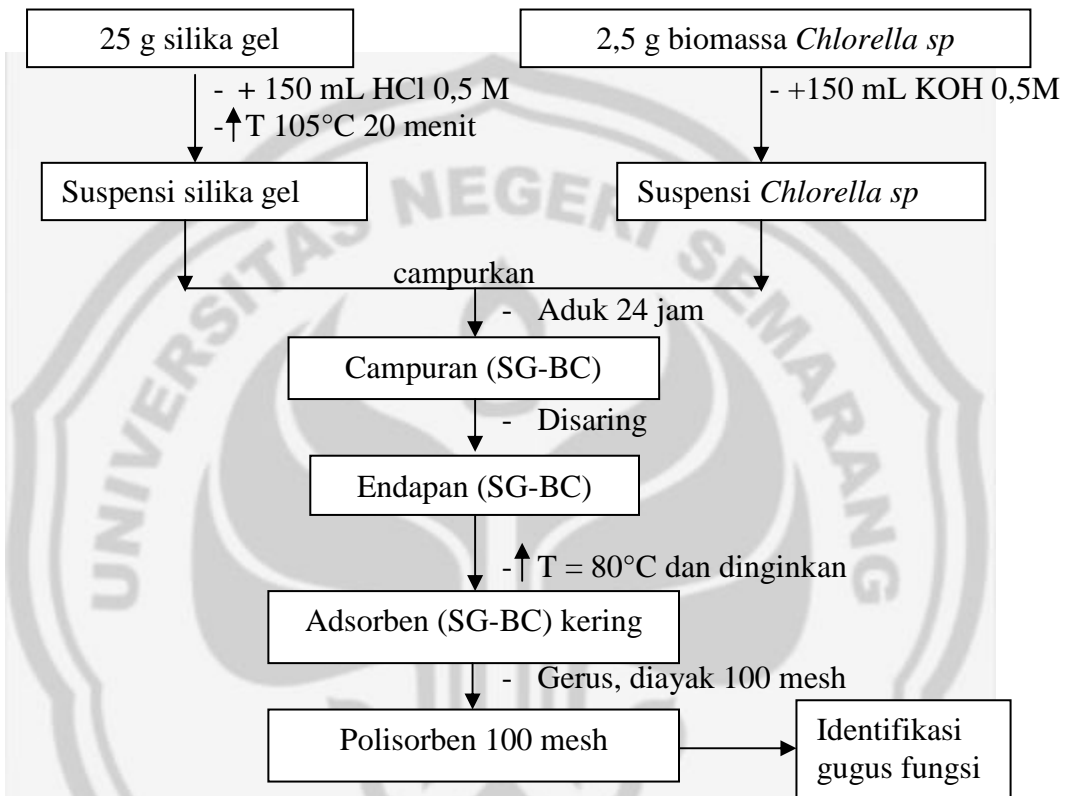
Sebanyak 1,325 mL larutan NaH_2PO_4 0,2 M ditambah dengan 23,675 mL larutan Na_2HPO_4 0,2 M pada labu ukur kemudian diencerkan hingga 50 mL (Sudarmaji, 1997)



LAMPIRAN 2

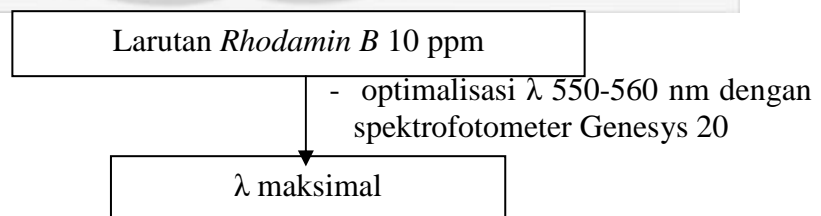
Diagram Alir Penelitian

1. Pembuatan Polisorben dari Imobilisasi Biomassa *Chlorella Sp* pada Silika Gel (Juari, S., dkk., 2006 yang dimodifikasi)

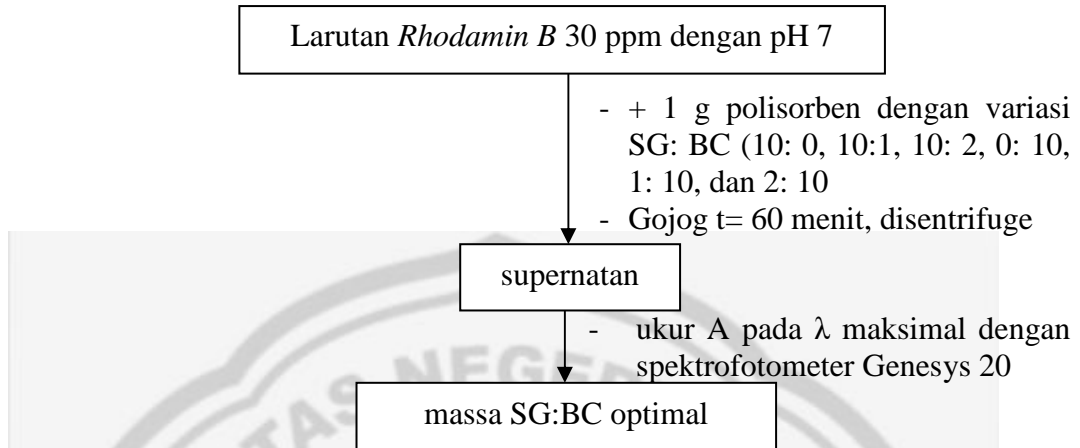


Melakukan hal yang sama dengan memvariasi perbandingan massa SG: BC (10: 0, 10: 2, 0: 10, 1: 10, dan 2: 10).

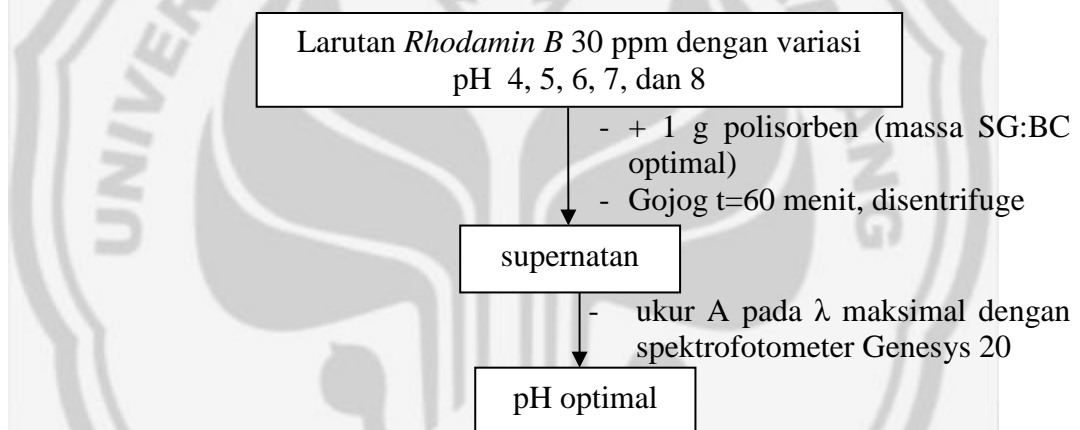
2. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Larutan Zat Warna *Rhodamin B*



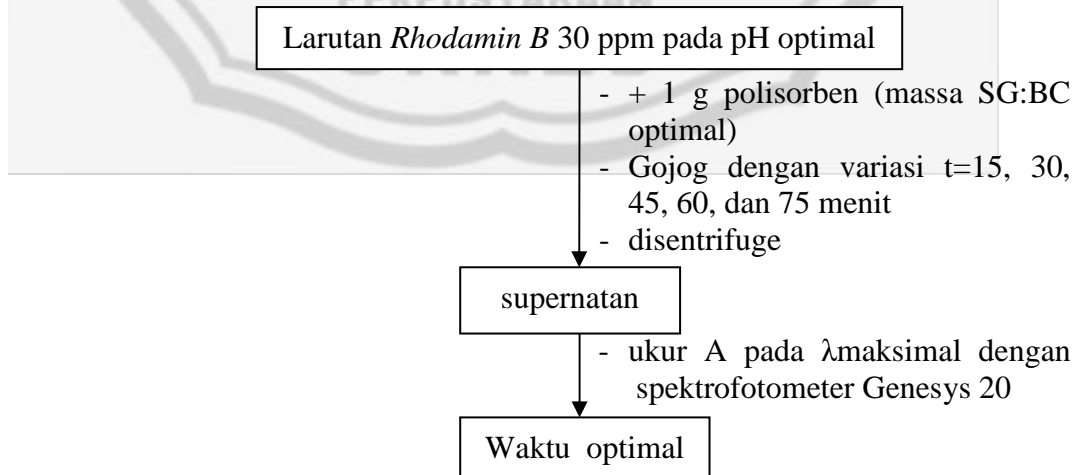
3. Penentuan Perbandingan Massa Silika Gel (SG): Biomassa *Chlorella sp* (BC) yang Optimal



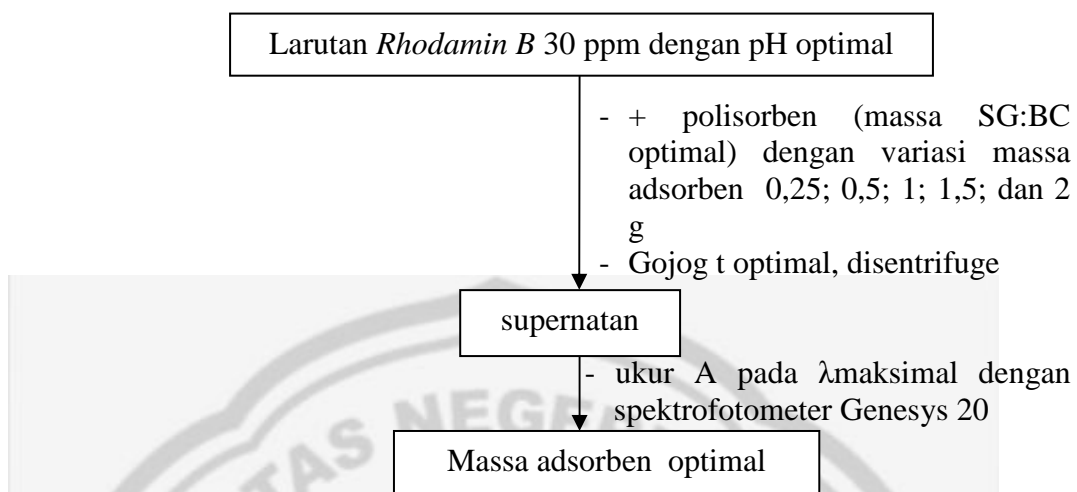
4. Penentuan pH Larutan Zat Warna *Rhodamin B* Optimal



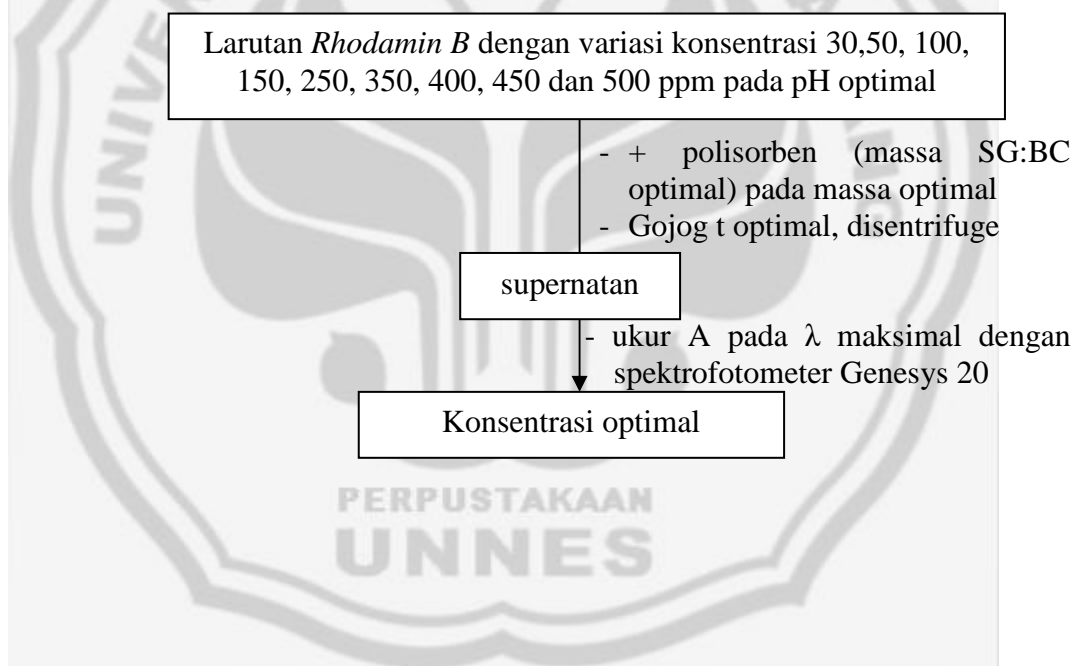
5. Penentuan Waktu Kontak Optimal



6. Penentuan Massa Adsorben Optimal



7. Penentuan Konsentrasi Zat Warna Optimal

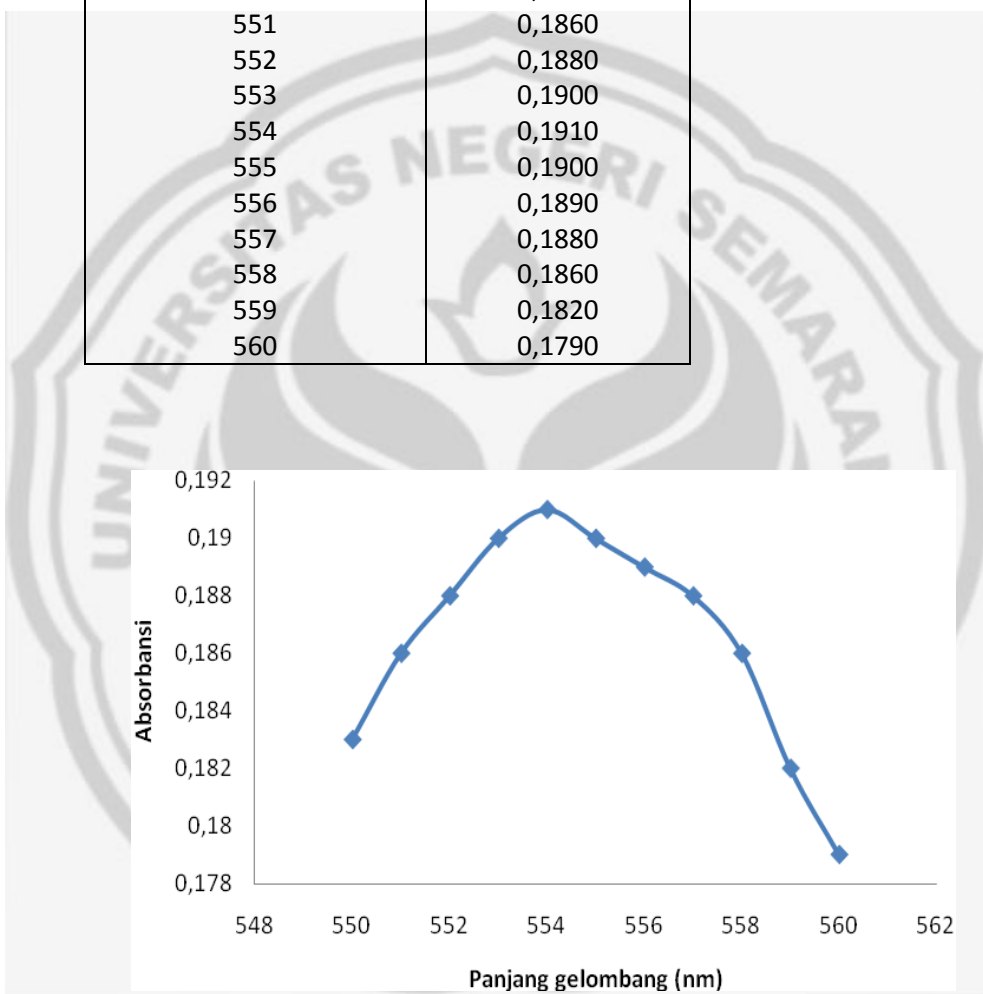


LAMPIRAN 3

Perhitungan Hasil Penelitian

1. Penentuan panjang gelombang maksimum larutan zat warna *Rhodamin B*

Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi
550	0,1830
551	0,1860
552	0,1880
553	0,1900
554	0,1910
555	0,1900
556	0,1890
557	0,1880
558	0,1860
559	0,1820
560	0,1790

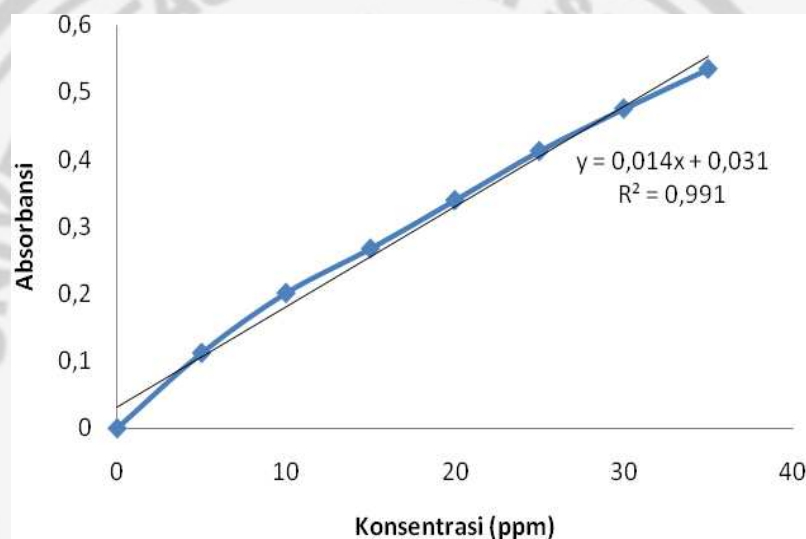


Gambar 1. Kurva penentuan panjang gelombang maksimal zat warna *Rhodamin B*

2. Penentuan perbandingan massa SG:BC optimal

Kalibrasi variasi perbandingan massa SG:BC

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0,0000
5	0,1120
10	0,2010
15	0,2670
20	0,3390
25	0,4120
30	0,4750
35	0,5340



Gambar 2. Kurva kalibrasi variasi perbandingan massa SG: BC

Volume larutan zat warna = 0,1 L

Massa adsorben = 1 g

Waktu kontak = 60 menit

pH = 7

Hasil konsentrasi zat warna *Rhodamin B* yang teradsorpsi dengan variasi perbandingan massa SG: BC

perbandingan massa	A awal	A akhir	C awal (ppm)	C akhir (ppm)	C teradsorpsi (ppm)	x/m (mg/g)	
SG: BC	10:0	0,4800	0,4770	32,0714	31,8571	0,2143	0,0214
	10:1	0,4780	0,4460	31,9286	29,6428	2,2858	0,2285
	10:2	0,4750	0,1320	31,7143	7,2143	24,5000	2,4500
	2:10	0,4750	0,2030	31,7143	12,2857	19,4286	1,9428
	1:10	0,4750	0,2550	31,7143	16,0000	15,7143	1,5714
	0:10	0,4780	0,2580	31,9285	16,2143	15,7143	1,5714

Contoh perhitungan zat warna yang teradsorpsi

Persamaan regresi linier untuk perbandingan massa SG: BC adalah:

$$y = 0,014x + 0,031$$

Absorbansi awal adalah 0,4750 absorbansi ini disubstitusikan kedalam persamaan regresi linier sehingga:

$$0,4750 = 0,014x + 0,031$$

$$x = 31,7143 \text{ ppm}$$

Absorbansi akhir adalah 0,1320 absorbansi ini disubstitusikan kedalam persamaan regresi linier sehingga:

$$0,1320 = 0,014x + 0,031$$

$$x = 7,2143 \text{ ppm}$$

Contoh perhitungan konversi satuan pada penentuan perbandingan massa SG: BC optimal

$$\text{Volume larutan (V)} = 100 \text{ mL} = 0,1 \text{ L}$$

$$\text{Konsentrasi awal (Co)} = 31,7143 \text{ ppm} = 31,7143 \text{ mg/L}$$

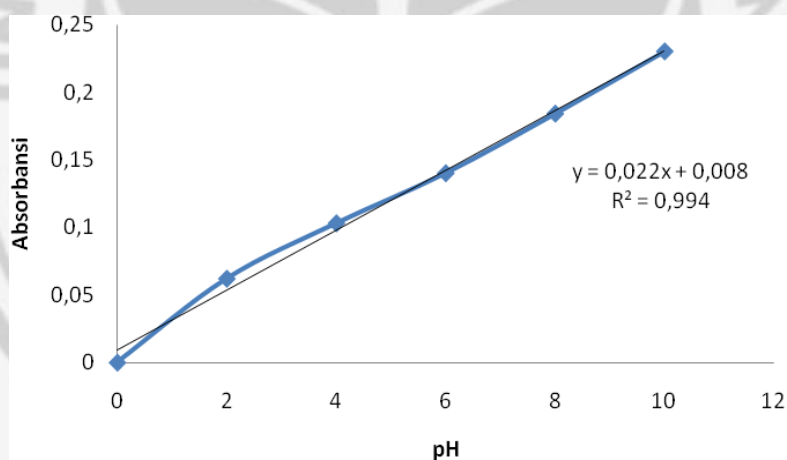
$$\text{Konsentrasi akhir (Ct)} = 7,2143 \text{ ppm} = 7,2143 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Zat warna yang teradsorpsi (mg/g)} &= \frac{(C_o - C_t)V}{m} \\
 &= \frac{(31,7143 \text{ ppm} - 7,2143 \text{ ppm})0,1L}{1g} \\
 &= 2,4500 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

3. Penentuan pH optimal

Kalibrasi variasi pH larutan zat warna *Rhodamin B*

Konsentrasi	Absorbansi
0	0,0000
2	0,0620
4	0,1030
6	0,1400
8	0,1840
10	0,2300



Gambar 3. Kurva kalibrasi untuk variasi pH larutan zat warna

Volume larutan zat warna = 0,1 L

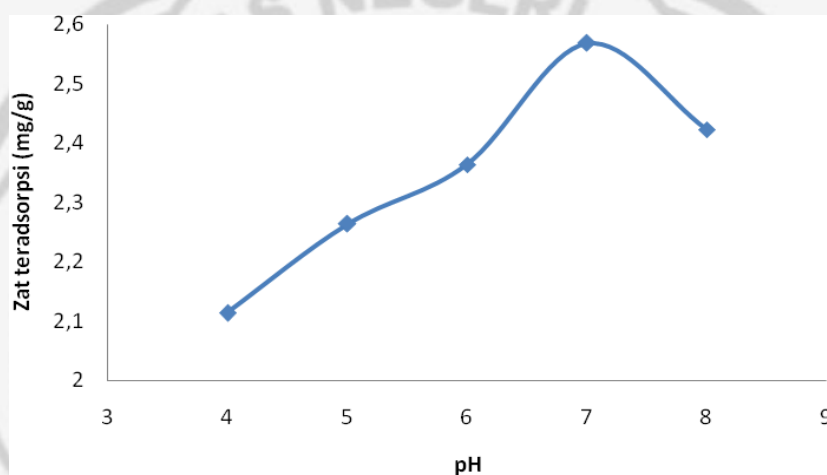
Massa adsorben = 1 g

Waktu = 60

Perb. Massa SG: BC = 10:2

Hasil konsentrasi zat warna *Rhodamin B* yang teradsorpsi oleh polisorbena dengan variasi pH

pH	A awal (5x pengenceran)	A akhir	C awal (ppm)	C akhir (ppm)	C teradsorpsi (ppm)	x/m (mg/g)
4	0,1310	0,1580	27,9545	6,8182	21,1363	2,1136
5	0,1300	0,1200	27,7273	5,0909	22,6364	2,2636
6	0,1350	0,1230	28,8636	5,2273	23,6363	2,3636
7	0,1430	0,1180	30,6818	5,0000	25,6818	2,5681
8	0,1340	0,1050	28,6364	4,4091	24,2273	2,4227



Gambar 4. Kurva hubungan pH terhadap zat warna yang teradsorpsi pada polisorbena

Persamaan regresi linier untuk pH optimal pada polisorbena adalah

$$y = 0,022x + 0,008$$

Absorbansi awal adalah 0,1430 absorbansi ini disubstitusikan kedalam persamaan regresi linier sehingga:

$$0,1430 = 0,022x + 0,008$$

$$x = 6,1364 \text{ ppm (5x pengenceran)}$$

karena diencerkan 5 kali maka konsentrasi awal larutan zat warna dikalikan 5, sehingga konsentrasi larutan zat warna sebesar 30,6818 ppm

Absorbansi akhir adalah 0,118 absorbansi ini disubstitusikan kedalam persamaan regresi linier sehingga:

$$0,1180 = 0,022x + 0,008$$

$$x = 5,000 \text{ ppm}$$

Contoh perhitungan konversi satuan pada penentuan pH optimal

$$\text{Volume larutan (V)} = 100 \text{ mL} = 0,1 \text{ L}$$

$$\text{Konsentrasi awal (Co)} = 30,7857 \text{ ppm} = 30,7857 \text{ mg/L}$$

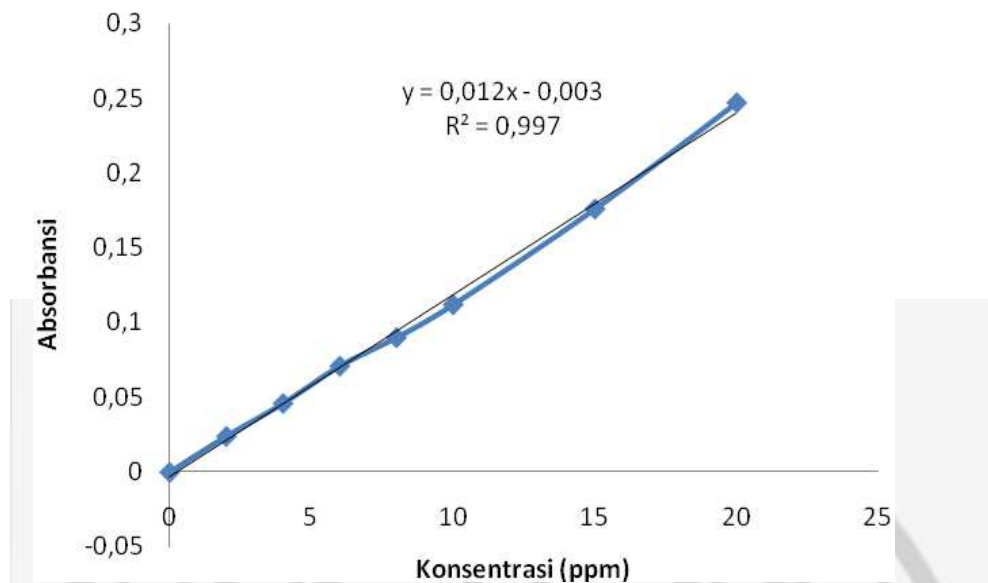
$$\text{Konsentrasi akhir (Ct)} = 5 \text{ ppm} = 5 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{Zat warna yang teradsorpsi (mg/g)} &= \frac{(Co - Ct)V}{m} \\ &= \frac{(30,6818 \text{ ppm} - 5 \text{ ppm})0,1\text{L}}{1\text{g}} \\ &= 2,5681 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

4. Penentuan Waktu Kontak Optimal

Kalibrasi variasi waktu kontak larutan zat warna *Rhodamin B*

Konsentrasi	Absorbansi
0	0,0000
2	0,0240
4	0,0460
6	0,0710
8	0,0900
10	0,1120
15	0,1760
20	0,2470



Gambar 5. Kurva kalibrasi untuk variasi waktu kontak larutan zat warna

Volume larutan zat warna = 0,1 L

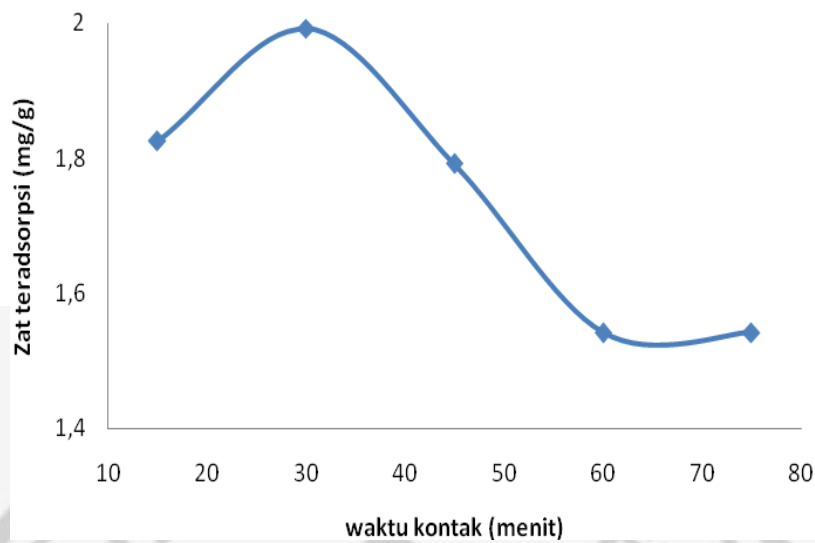
Massa adsorben = 1 g

pH = 7

Perb. Massa SG: BC = 10: 2

Hasil konsentrasi zat warna *Rhodamin B* yang teradsorpsi oleh polisorbena dengan variasi waktu

Waktu kontak (min)	A awal (5xpengenceran)	A akhir	C awal (ppm)	C akhir (ppm)	C teradsorpsi (ppm)	x/m (mg/g)
15	0,0710	0,1480	30,8333	12,5833	18,2500	1,8250
30	0,0720	0,1330	31,2500	11,3333	19,9167	1,9916
45	0,0720	0,1570	31,2500	13,3333	17,9167	1,7916
60	0,0710	0,1820	30,8333	15,4167	15,4166	1,5416
75	0,0700	0,1770	30,4166	15,0000	15,4166	1,5416



Gambar 6. Kurva hubungan waktu kontak terhadap zat warna yang teradsorpsi pada polisorben

Persamaan regresi linier untuk waktu kontak optimal pada polisorben adalah

$$y = 0,012x - 0,003$$

Absorbansi awal adalah 0,0720 absorbansi ini disubstitusikan kedalam persamaan regresi linier sehingga:

$$0,072 = 0,012x - 0,003$$

$$x = 6,2500 \text{ ppm (5x pengenceran)}$$

karena diencerkan 5 kali maka konsentrasi awal larutan zat warna dikalikan 5, sehingga konsentrasi larutan zat warna sebesar 31,2500 ppm

Absorbansi akhir adalah 0,1180 absorbansi ini disubstitusikan kedalam persamaan regresi linier sehingga:

$$0,1330 = 0,012x - 0,003$$

$$x = 11,3333 \text{ ppm}$$

Contoh perhitungan konversi satuan pada penentuan waktu kontak optimal

$$\text{Volume larutan (V)} = 100 \text{ mL} = 0,1 \text{ L}$$

Konsentrasi awal (C_o) = 31,25 ppm = 31,2500 mg/L

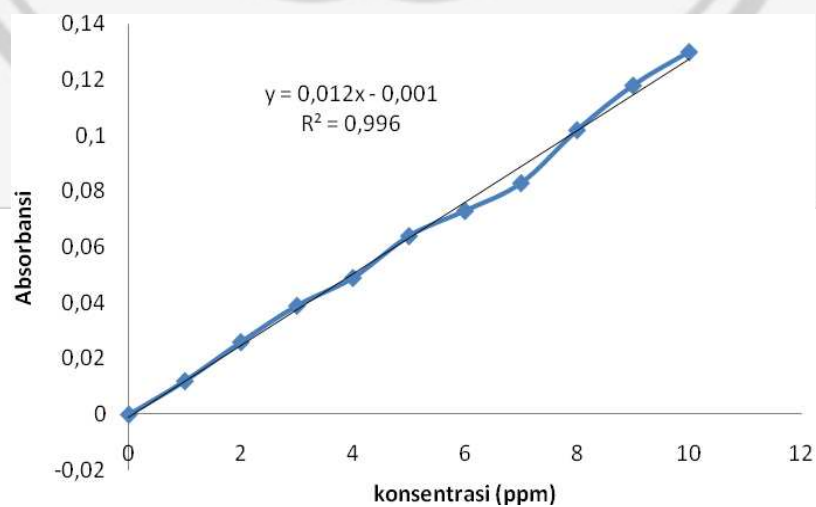
Konsentrasi akhir (C_t) = 11,3333 ppm = 11,3333 mg/L

$$\begin{aligned} \text{Zat warna yang teradsorpsi (mg/g)} &= \frac{(C_o - C_t)V}{m} \\ &= \frac{(31,2500 \text{ ppm} - 11,3333 \text{ ppm})0,1L}{1g} \\ &= 1,9916 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

5. Penentuan Massa Adsorben Optimal

Kalibrasi variasi massa adsorben

Konsentrasi	Absorbansi
0	0,0000
1	0,0120
2	0,0260
3	0,0390
4	0,0490
5	0,0640
6	0,0730
7	0,0830
8	0,1020
9	0,1180
10	0,1300



Gambar 7. Kurva kalibrasi untuk variasi massa adsorben

Volume larutan zat warna = 0,1 L

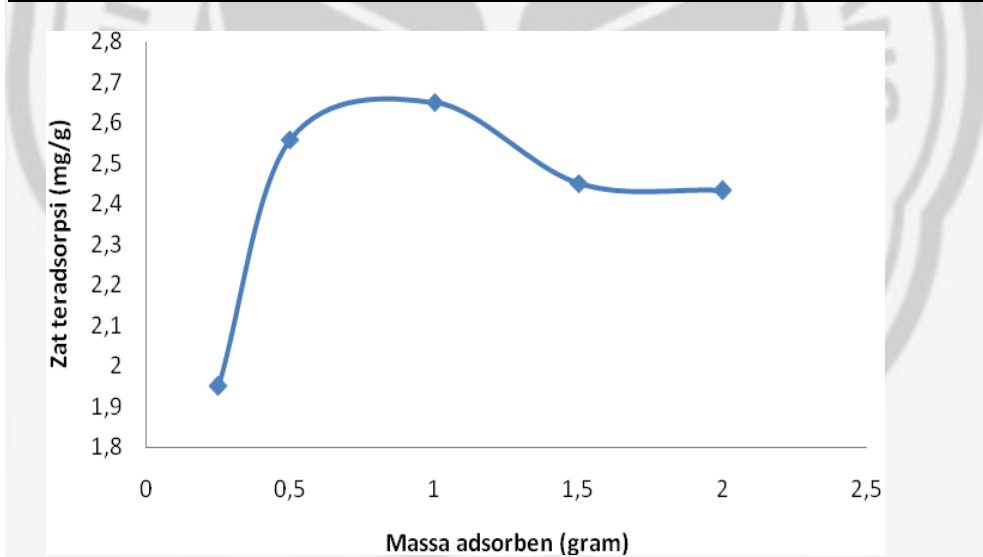
Massa adsorben = 1 g

pH = 7

Perb. Massa SG: BC = 10: 2

Hasil konsentrasi zat warna *Rhodamin B* yang teradsorpsi oleh polisorben dengan variasi massa adsorben

Massa Adsorben (gram)	A awal (5xpengenceran)	A akhir	C awal (ppm)	C akhir (ppm)	C teradsorpsi (ppm)	x/m (mg/g)
0,2500	0,0720	0,1300	30,4167	10,9167	19,5000	1,9500
0,5000	0,0720	0,0570	30,4167	4,8333	25,5834	2,5583
1,0000	0,0700	0,0360	29,5833	3,0833	26,5000	2,6500
1,5000	0,0710	0,0650	30,0000	5,5000	24,5000	2,4500
2,0000	0,0720	0,0720	30,4167	6,0833	24,3333	2,4333



Gambar 8. Kurva hubungan massa adsorben terhadap zat warna yang teradsorpsi pada polisorben

Persamaan regresi linier untuk massa adsorben optimal pada polisorben adalah

$$y = 0,012x - 0,001$$

Absorbansi awal adalah 0,0700 absorbansi ini disubstitusikan kedalam persamaan regresi linier sehingga:

$$0,0700 = 0,012x - 0,001$$

$$x = 5,9167 \text{ ppm (5x pengenceran)}$$

karena diencerkan 5 kali maka konsentrasi awal larutan zat warna dikalikan 5, sehingga konsentrasi larutan zat warna sebesar 29,5833 ppm

Absorbansi akhir adalah 0,0360 absorbansi ini disubstitusikan kedalam persamaan regresi linier sehingga:

$$0,0360 = 0,012x - 0,001$$

$$x = 3,0833 \text{ ppm}$$

Contoh perhitungan konversi satuan pada penentuan waktu kontak optimal

$$\text{Volume larutan (V)} = 100 \text{ mL} = 0,1 \text{ L}$$

$$\text{Konsentrasi awal (} C_o \text{)} = 29,5833 \text{ ppm} = 29,5833 \text{ mg/L}$$

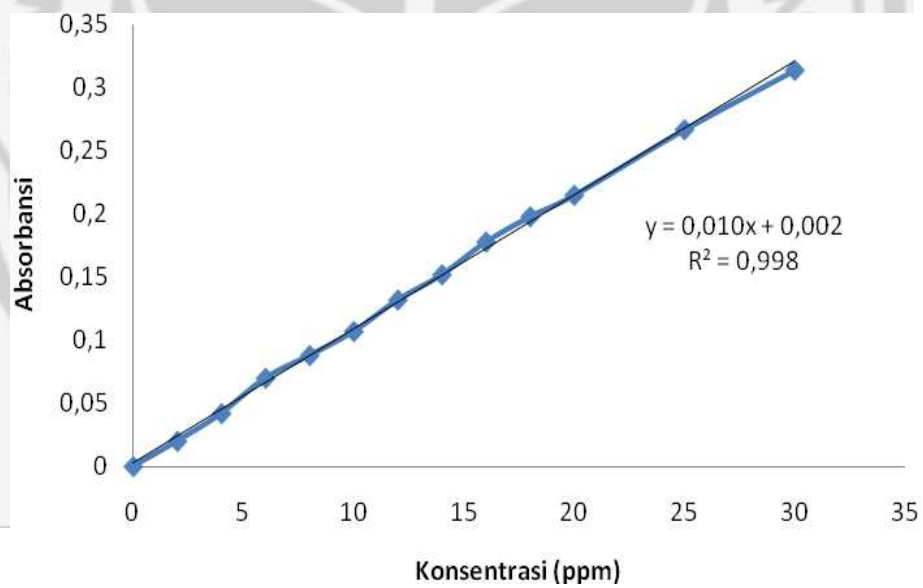
$$\text{Konsentrasi akhir (} C_t \text{)} = 3,0833 \text{ ppm} = 3,0833 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{Zat warna yang teradsorpsi (mg/g)} &= \frac{(C_o - C_t)V}{m} \\ &= \frac{(29,5833 \text{ ppm} - 3,0833 \text{ ppm})0,1\text{L}}{1\text{g}} \\ &= 2,6500 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

6. Penentuan Kapasitas Adsorpsi

Kalibrasi absorbansi variasi konsentrasi awal larutan zat warna *Rhodamin B*

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0,0000
2	0,0200
4	0,0420
6	0,0700
8	0,0880
10	0,1070
12	0,1320
14	0,1520
16	0,1780
18	0,1980
20	0,2150
25	0,2670
30	0,3140



Gambar 9. Kurva kalibrasi untuk variasi konsentrasi awal larutan zat warna

Hasil zat warna yang teradsorpsi dan kapasitas adsorpsi pada polisorbena

konsentrasi (ppm)	Absorbansi		konsentrasi (mg/L)			x/m (mg/g)	C (mol)	M (mol/g)	C/M (gram)
	Awal	akhir	awal (C ₀)	akhir (C _t)	terserap				
30	0,0350	0,0030	33	1	32	3,2000	2,2545E-07	7,2143E-06	0,0313
50	0,0530	0,0050	51	3	48	4,8000	6,7635E-07	1,0821E-05	0,0625
100	0,1090	0,0120	107	10	97	9,7000	2,2545E-06	2,1868E-05	0,1031
150	0,1530	0,0220	151	20	131	13,1000	4,5089E-06	2,9533E-05	0,1527
250	0,2530	0,0590	251	57	194	19,4000	1,2851E-05	4,3737E-05	0,2938
350	0,3510	0,1130	349	111	238	23,8000	2,5025E-05	5,3656E-05	0,4664
400	0,4010	0,1710	399	169	230	23,0000	3,8101E-05	5,1853E-05	0,7348
450	0,4470	0,2270	445	225	220	22,0000	5,0726E-05	4,9598E-05	1,0227
500	0,5030	0,2830	501	281	220	22,0000	6,3351E-05	4,9598E-05	1,2773

Contoh perhitungan konversi satuan pada penentuan kapasitas adsorpsi pada konsentrasi 350 ppm

Volume larutan (V) = 100 mL = 0,1 L

Konsentrasi awal (Co) = 349 ppm = 349 mg/L

Konsentrasi akhir (Ct) = 111 ppm = 111 mg/L

$$\begin{aligned} \text{Zat warna yang teradsorpsi (x/m)} &= \frac{(C_o - C_t)V}{m} \\ &= \frac{(349 \text{ ppm} - 111 \text{ ppm})0,1L}{1g} \end{aligned}$$

$$= 23,8000 \text{ mg/g}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi setimbang (C)} &= \frac{(C_t.V_{lar})}{ArRhB} \\ &= \frac{111 \text{ mg/L} \cdot 0,1L}{443,56} \\ &= 2,5024 \times 10^{-2} \text{ mmol} \\ &= 2,5024 \times 10^{-5} \text{ mol} \end{aligned}$$

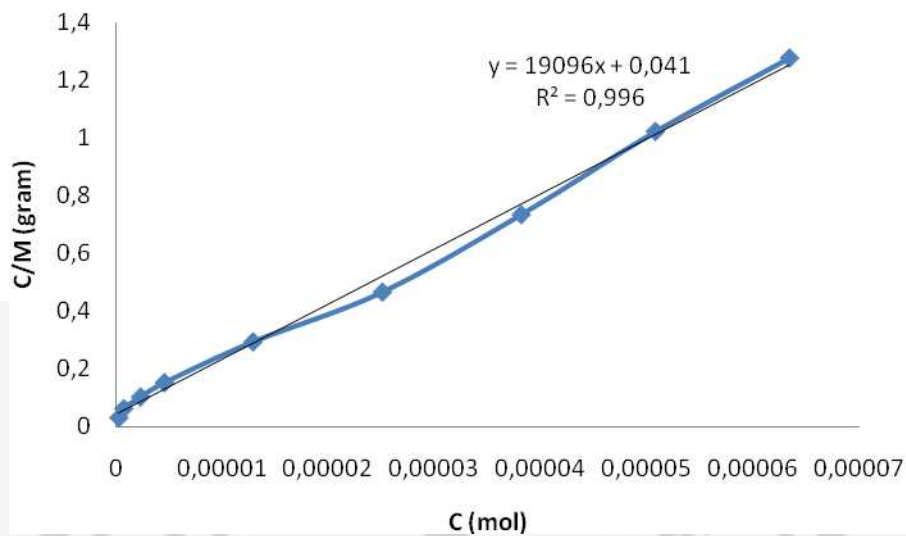
$$\begin{aligned} \text{Molaritas (M)} &= \frac{x/m}{ArRhB} \\ &= \frac{23,8 \text{ mg/g}}{443,56} \end{aligned}$$

$$= 5,3656 \times 10^{-2} \text{ mmol/g}$$

$$= 5,3656 \times 10^{-5} \text{ mol/g}$$

$$C/M = 2,5024 \times 10^{-5} \text{ mol} / 5,3646 \times 10^{-5} \text{ mol/g}$$

$$= 0,4664 \text{ gram}$$



Gambar 10. Kurva hubungan C terhadap C/m

Perhitungan kapasitas adsorpsi pada polisorbena dilakukan dengan menggunakan persamaan Langmuir :

$$\frac{C}{m} = \frac{C}{b} + \frac{1}{bK}$$

Dari data diatas bila dibuat kurva hubungan antara C vs C/m maka akan didapatkan persamaan garis lurus sebagai berikut :

$$y = 19096x + 0,041$$

$$R^2 = 0,996$$

$$\text{Slope} = (1/b) = 19096$$

$$b = 1/19096 = 5,24 \cdot 10^{-5} \text{ mol/g} \times 443,56$$

$$= 23,2279 \times 10^{-3} \text{ g/g}$$

$$= 23,2279 \text{ mg/g}$$

Kapasitas adsorpsi yang diperoleh sebesar 23,2279 mg/g.

Untuk mencari energi, dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

$$\text{Intersep} = (1/bK) = 0,041$$

$$(1/K) \times 19096 = 0,041$$

$$K = 465756,1$$

$$\ln K = 13,0514$$

$$\text{Energi (E)} = RT \ln K = 8.314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 300^0 \text{ K} \times 13,0514$$

$$= 32552,85 \text{ Jmol}^{-1}$$

$$= 32,5528 \text{ kJ mol}^{-1}$$

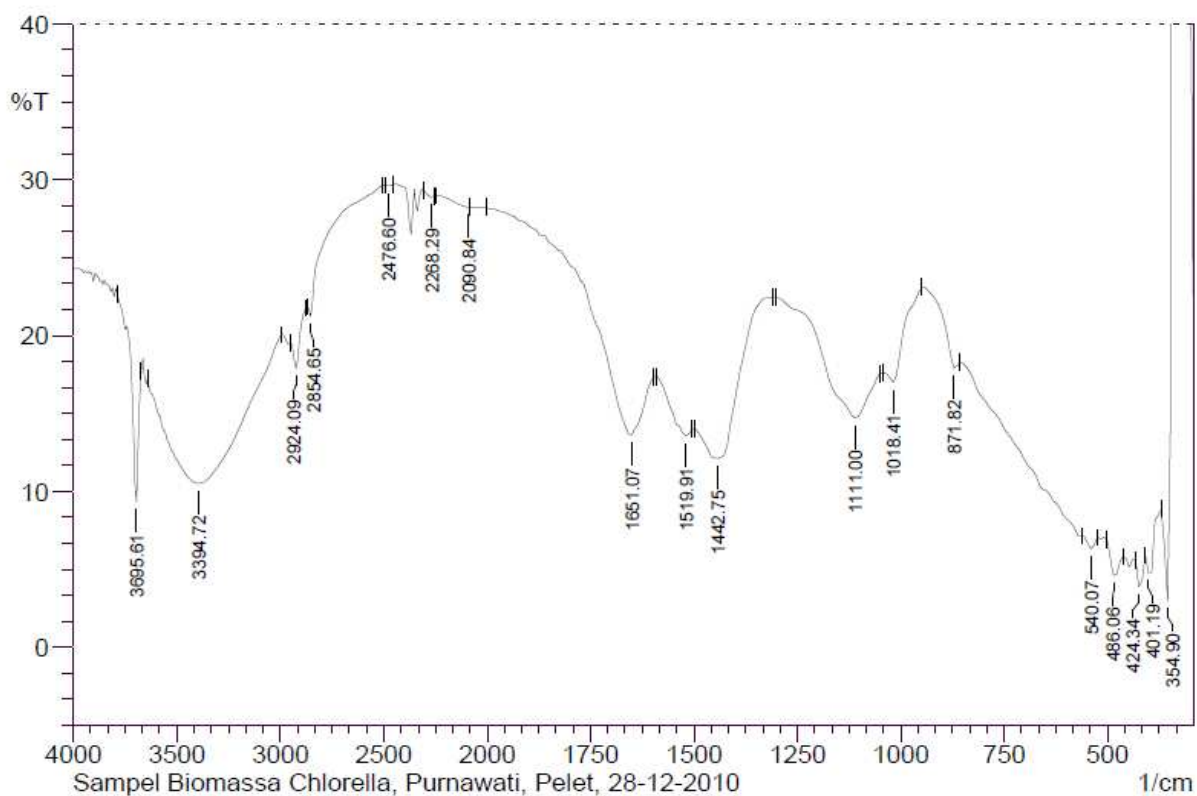
Energi yang diperoleh sebesar $32,5528 \text{ kJ mol}^{-1}$



LAMPIRAN 4

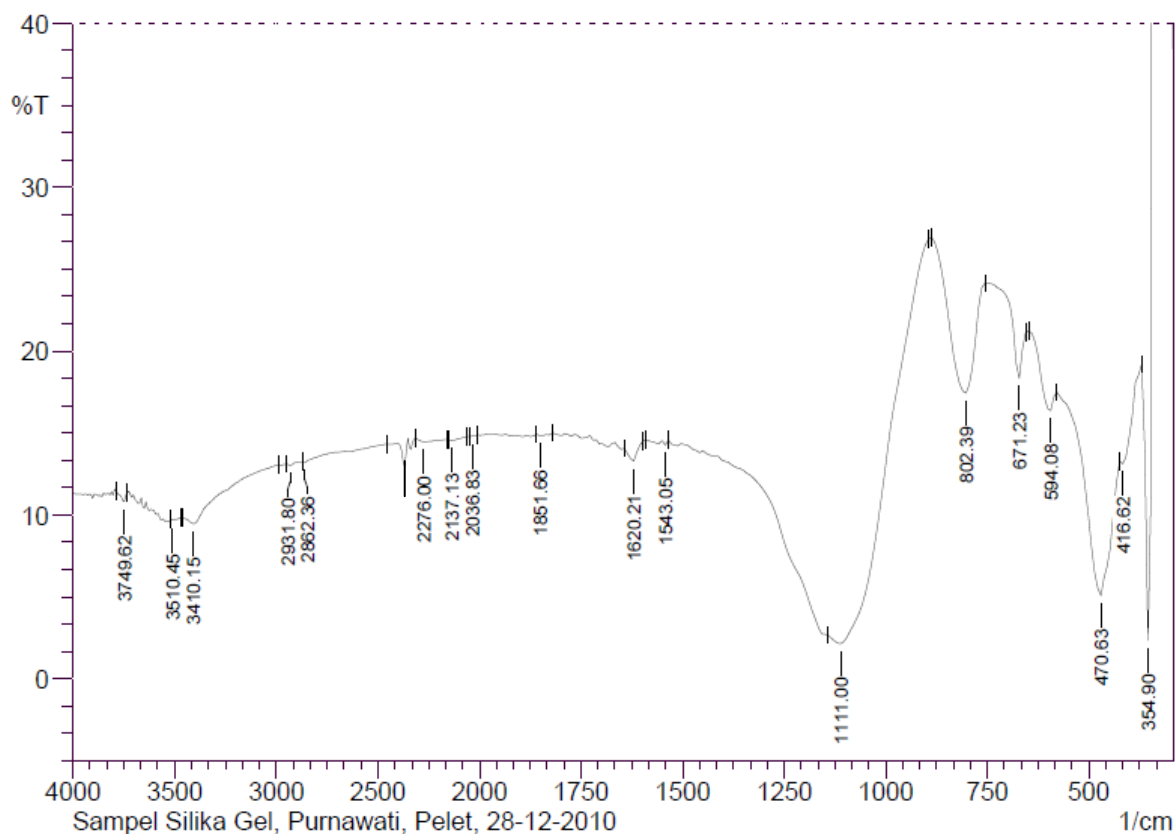
HASIL SPEKTROFOTOMETER INFRAMERAH (IR)

1. Biomassa *Chlorella* sp



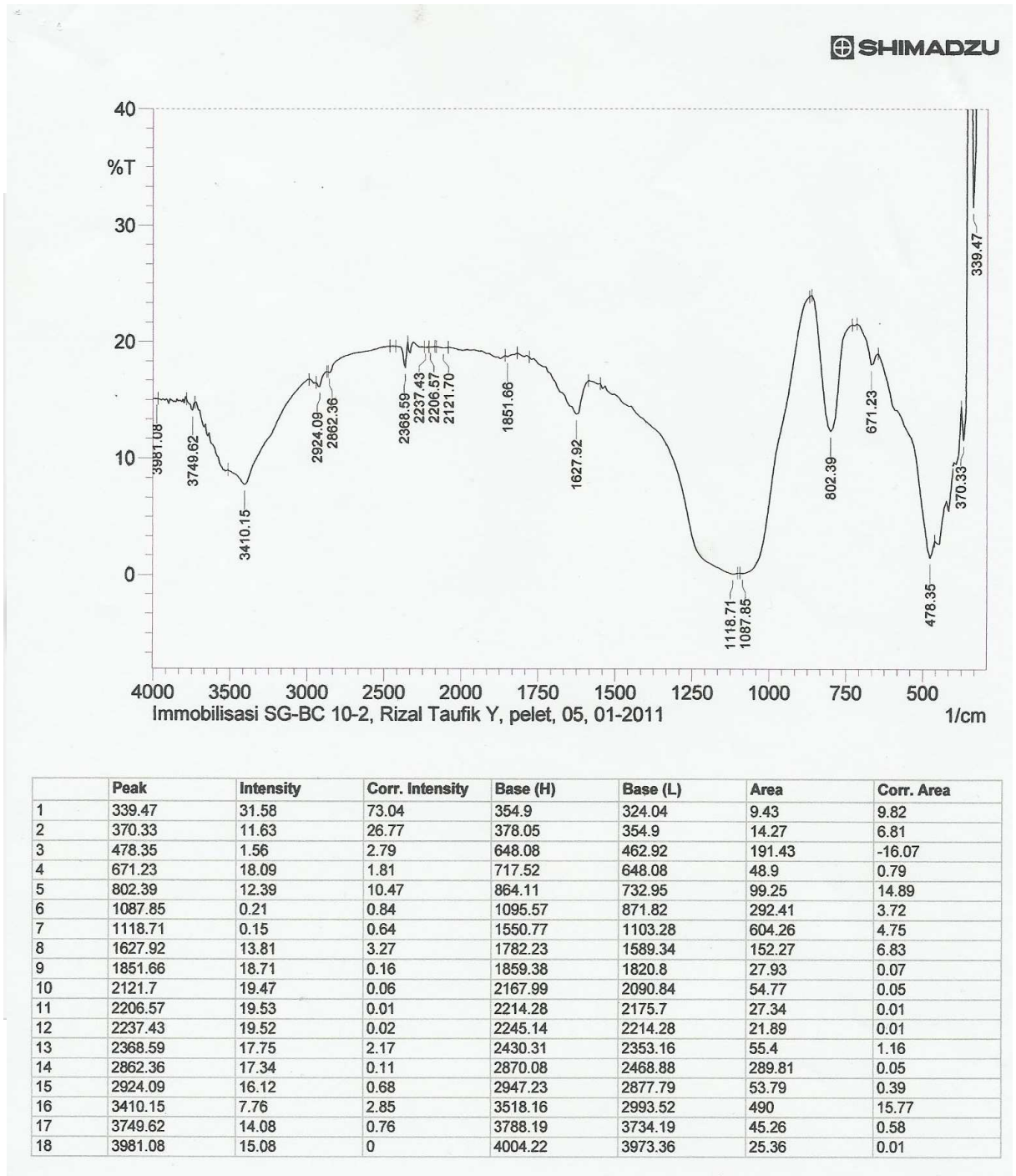
	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	354.9	2.97	81.19	370.33	339.47	25.71	17.45
2	401.19	4.8	1.71	408.91	370.33	45.82	1.86
3	424.34	3.89	1.79	432.05	408.91	30.93	2.3
4	486.06	4.61	1.88	501.49	462.92	49.39	2.92
5	540.07	6.32	0.77	563.21	524.64	45.2	0.87
6	871.82	17.93	1.18	948.98	856.39	63.09	-0.49
7	1018.41	17.01	1.99	1041.56	948.98	64.82	1.19
8	1111	14.7	4.05	1303.88	1049.28	188.36	9.66
9	1442.75	12.13	4.34	1496.76	1311.59	145.62	8.53
10	1519.91	13.58	1.05	1589.34	1504.48	69.95	1.51
11	1651.07	13.6	5.16	2005.97	1597.06	269.27	9.3
12	2090.84	28.24	0.04	2245.14	2083.12	88.11	0.08
13	2268.29	28.9	0.16	2306.86	2252.86	29.03	0.09
14	2476.6	29.62	0.06	2492.03	2453.45	20.37	0.02
15	2854.65	21.24	0.96	2870.08	2507.46	204.83	0.26
16	2924.09	17.89	2.37	2947.23	2877.79	48.89	1.44
17	3394.72	10.52	7.79	3641.6	2993.52	560.01	86.68
18	3695.61	9.34	9.38	3788.19	3672.47	88.6	7.43

2. Silika Gel

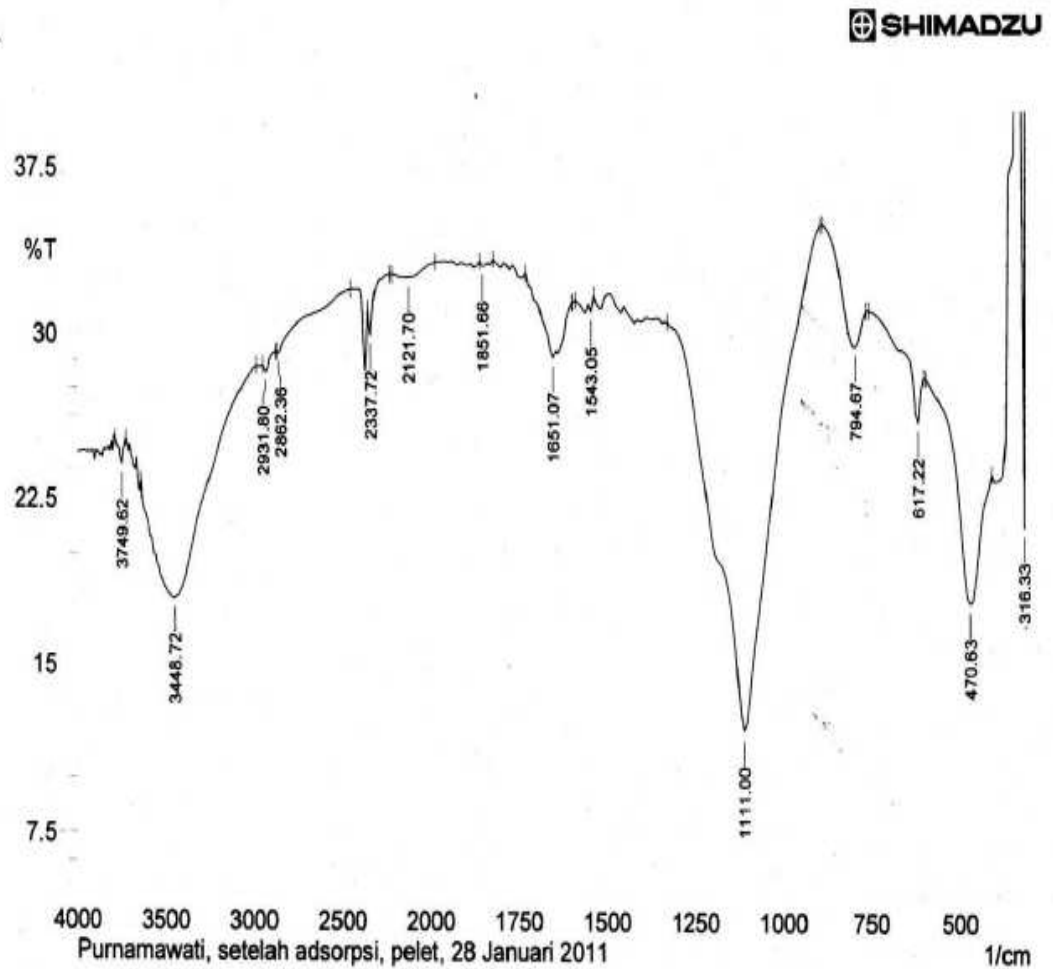


	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	354.9	2.35	89.56	370.33	339.47	24.89	20.77
2	416.62	13.13	1	424.34	370.33	42.98	0.78
3	470.63	5.07	9.48	578.64	424.34	150.16	23.67
4	594.08	16.37	1.96	648.08	578.64	51.08	1.43
5	671.23	18.34	3.26	756.1	655.8	65.49	1.21
6	802.39	17.43	7.7	887.26	756.1	88.2	10.2
7	1111	2.14	3.56	1141.86	894.97	263.31	14.66
8	1543.05	14.27	0.31	1589.34	1535.34	45.38	0.22
9	1620.21	13.29	1	1643.35	1597.06	39.74	0.68
10	1851.66	14.82	0.12	1859.38	1820.8	31.9	0.09
11	2036.83	14.78	0.02	2044.54	2013.68	25.58	0
12	2137.13	14.57	0.06	2152.56	2059.98	77.21	0.1
13	2276	14.45	0.22	2314.58	2160.27	129.23	0.49
14	2862.36	13.23	0.03	2870.08	2453.45	357.54	0.02
15	2931.8	13.03	0.11	2947.23	2870.08	67.95	0.08
16	3410.15	9.47	0.73	3464.15	2985.81	449.9	1.94
17	3510.45	9.69	0.06	3518.16	3471.87	46.79	0.07
18	3749.62	10.81	0.56	3788.19	3734.19	51.5	0.54

3. Immobilisasi SG: BC 10: 2 Sebelum Adsorpsi



4. Polisorben Setelah Adsorpsi



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	316.33	21.277	45.626	331.76	308.61	9.618	5.573
2	470.63	17.849	7.249	594.08	408.91	118.21	8.76
3	617.22	26.003	2.37	756.1	601.79	82.452	0.732
4	794.67	29.451	2.582	887.26	763.81	61.642	1.983
5	1111	12.101	20.603	1327.03	894.97	274.439	64.529
6	1543.05	30.976	0.739	1589.34	1535.34	27.283	0.299
7	1651.07	28.9	3.047	1728.22	1597.06	67.695	2.823
8	1851.66	33.031	0.226	1859.38	1820.8	18.508	0.081
9	2121.7	32.494	0.385	2214.28	1982.82	112.347	0.734
10	2337.72	29.913	1.393	2353.16	2229.71	61.193	0.332
11	2862.36	29.113	0.098	2870.08	2453.45	212.797	0.027
12	2931.8	28.259	0.43	2947.23	2877.79	37.618	0.173
13	3448.72	17.962	6.866	3641.6	2985.81	425.347	39.598
14	3749.62	24.013	1.178	3788.19	3726.47	37.5	0.544

LAMPIRAN 5

HASIL SPEKTROFOTOMETER GENESYS 20

LABORATORIUM KIMIA INSTRUMENTS

FMIPA-UNNES

DATA PENGUJIAN SPEKTROFOTOMETER GENESYS 20

USER : PURNAWATI

Tgl. Pengujian : 29 Desember 2010

No	Panjang Gelombang (nm)	A
1	550	0.183
2	551	1.186
3	552	0.188
4	553	0.19
5	554	0.191
6	555	0.19
7	556	0.189
8	557	0.188
9	558	0.186
10	559	0.182
11	560	0.179

Tgl. Pengujian : 31 Desember 2010

Panjang gelombang 554 nm

No	Konsentrasi (ppm)	A
1	0	0
2	5	0.112
3	10	0.201
4	15	0.267
5	20	0.339
6	25	0.412
7	30	0.475
8	35	0.534
9	S1	0.477
10	S2	0.446
11	S3	0.132
12	S4	0.203
13	S5	0.255
14	S6	0.258

Tgl. Pengujian : 4 Januari 2011

Panjang gelombang 554 nm

No	Konsentrasi (ppm)	A
1	0	0
2	2	0.062
3	4	0.103
4	6	0.14
5	8	0.184
6	10	0.23
7	S1	0.158
8	S2	0.12
9	S3	0.123
10	S4	0.118
11	S5	0.105

Tgl. Pengujian : 6 Januari 2011

Panjang gelombang 554 nm

No	Konsentrasi (ppm)	A
1	0	0
2	2	0.024
3	4	0.046
4	6	0.071
5	8	0.09
6	10	0.112
7	15	0.176
8	20	0.247
9	S1	0.148
10	S2	0.133
11	S3	0.157
12	S4	0.182
13	S5	0.177

LABORATORIUM KIMIA INSTRUMENTS
FMIPA-UNNES

Tgl. Pengujian : 7 Januari 2011
Panjang gelombang 554 nm

No	Konsentrasi (ppm)	A
1	0	0
2	1	0.012
3	2	0.026
4	3	0.039
5	4	0.049
6	5	0.064
7	6	0.073
8	7	0.083
9	8	0.102
10	9	0.118
11	10	0.13
12	S1	0.13
13	S2	0.057
14	S3	0.036
15	S4	0.065
16	S5	0.072

Tgl. Pengujian : 14 Januari 2011
Panjang gelombang 554 nm

No	Konsentrasi (ppm)	A
1	0	0
2	2	0.02
3	4	0.042
4	6	0.07
5	8	0.088
6	10	0.107
7	12	0.132
8	14	0.152
9	16	0.178
10	18	0.198
11	20	0.215
12	25	0.267
13	30	0.314
14	S1	0.003
15	S2	0.005
16	S3	0.012
17	S4	0.022
18	S5	0.059
19	S6	0.113
20	S7	0.171
21	S8	0.227
22	S9	0.283

Semarang, 23 Februari 2011
Petugas


Nuril Huda

LAMPIRAN 6

Foto Penelitian Proses Immobilisasi



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Keterangan Gambar: (a) Biomassa *Chlorella* sp, (b) *Chlorella* sp setelah ditambahkan KOH, (c) Silika gel, (d) Silika gel teraktivasi, (e) *Chlorella* sp dicampurkan dalam silika gel, dan (f) Polisorbent basah.

Foto Penelitian Adsorpsi



(a)



(b)



(c)



(d)

Keterangan Gambar:

(a) Foto larutan zat warna dengan variasi pH sebelum adsorpsi, (b) Foto larutan setelah adsorpsi, (c) perlakuan saat shaker, dan (d) Pengukuran absorbansi menggunakan spektrofotometer genesys 20.