

**ADSORPSI ZAT WARNA CONGO RED MENGGUNAKAN
BIOMASSA *Azolla microphylla* DIIMPREGNASI
TEMBAGA(II)**

SKRIPSI

Oleh:
LISA ANDARI WINATA
0710920011-92



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2011**

**ADSORPSI ZAT WARNA CONGO RED MENGGUNAKAN
BIOMASSA *Azolla microphylla* DIIMPREGNASI
TEMBAGA(II)**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Kimia

Oleh:

LISA ANDARI WINATA

0710920011-92



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2011**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ADSORPSI ZAT WARNA *CONGO RED* MENGGUNAKAN
BIOMASSA *Azolla microphylla* DIIMPREGNASI TEMBAGA(II)

Oleh:

Lisa Andari Winata
0710920011-92

Setelah dipertahankan di depan majelis Penguji
pada tanggal 2 Pebruari2011
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Sains dalam bidang Kimia

Pembimbing I

Pembimbing II

Drs. Dinar Purwonugroho, M.Si. Rachmat Triandi T, Dr. rer. Nat
NIP. 19600610 199203 1 002 NIP. 19720717 200003 1 002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Dr. Sasangka Prasetyawan, MS
NIP. 19630404 198701 1 001

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lisa Andari Winata
NIM : 0710920011
Jurusan : Kimia
Penulis skripsi berjudul :

Adsorpsi Zat Warna *Congo Red* Menggunakan Biomassa
Azolla microphylla Diimpregnasi Tembaga(II)

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub diisi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 2 Pebruari2011
Yang menyatakan,

(Lisa Andari Winata)
NIM. 0710920011

ADSORPSI ZAT WARNA *CONGO RED* MENGGUNAKAN BIOMASSA *Azolla microphylla* DIIMPREGNASI TEMBAGA(II)

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah mengkaji kemampuan biomassa *Azolla microphylla* diimpregnasi tembaga(II) dalam mengadsorpsi zat warna anionik *congo red*. Kajian adsorpsi dilakukan dengan metode *batch* untuk pengaruh pH larutan, lama pengocokan, dan jumlah tembaga(II) terimpregnasi dalam biomassa. Penelitian dilakukan pada variasi pH 4, 5, 6, dan 7; lama pengocokan 60, 90, 120, 150, 180, dan 210 menit dan jumlah tembaga(II) terimpregnasi 0; 10,56; 22,40; 23,28; 24,34 dan 32,44 mg/g biomassa. Konsentrasi *congo red* sisa ditentukan menggunakan Spektrometri UV pada panjang gelombang maksimum 500 nm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH larutan, lama pengocokan, dan jumlah tembaga(II) terimpregnasi berpengaruh terhadap kemampuan biomassa *Azolla microphylla* dalam mengadsorpsi *congo red*. Kondisi optimum adsorpsi *congo red* terjadi pada pH larutan 6 dan lama pengocokan 150 menit. Kemampuan biomassa *Azolla microphylla* dalam mengadsorpsi *congo red* meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah tembaga(II) terimpregnasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorben *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II) sebesar 32,44 mg/g biomassa mampu mengadsorpsi *congo red* 1,86 kali lebih baik daripada biomassa tanpa impregnasi tembaga(II).

Kata kunci: adsorpsi, impregnasi, *Azolla microphylla*, *congo red*

ADSORPTION OF ANIONIC DYE *CONGO RED* USING *Azolla microphylla* BIOMASS IMPREGNATED COPPER(II)

ABSTRACT

The purpose of this research is to study the ability of *Azolla microphylla* biomass impregnated with copper(II) to adsorb anionic dyes *congo red*. The study of adsorption were performed by batch method to determine the effect of pH, agitation time, and amount of impregnated copper(II). The research were performed by variation of pH of 4, 5, 6 and 7, agitation time of 60, 90, 120, 150, 180 and 210 minute and amount of impregnated copper(II) of 0; 10.56; 22.40; 23.28; 24.34 and 32.44 mg/g biomass. The concentrations of remained *congo red* were determined using Spectronic 20 at 500 nm. The result showed that the pH of the solution, agitation time, and amount of copper(II) affect the ability of *Azolla microphylla* biomass in *congo red* adsorption. Optimum condition of adsorption took place at pH 6 and agitation time of 150 minutes. The ability of *Azolla microphylla* biomass in *congo red* adsorption increases with increasing the amount of impregnated with copper(II). The result showed that *Azolla microphylla* adsorbent impregnated with copper(II) 32.44 mg/g biomass could adsorb *congo red* 1.86 times better than that of without copper(II).

Key word: adsorption, impregnation, *Azolla microphylla*, *congo red*

KATA PENGANTAR

Puji syukur yang tak terhingga penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. atas rahmat dan kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul: **ADSORPSI ZAT WARNA CONGO RED MENGGUNAKAN BIOMASSA *Azolla microphylla* DIIMPREGNASI TEMBAGA(II).**

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

1. Drs. Dinar Purwonugroho, M.Si. selaku pembimbing I atas bimbingan, pengarahan dan kesabaran yang diberikan selama penyusunan skripsi.
2. Rachmat Triandi T, Dr. rer. Nat selaku pembimbing II atas bimbingan, pengarahan dan kesabaran yang diberikan selama penyusunan skripsi.
3. Dr. Sasangka Prasetyawan, MS. Selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.
4. Akhmad Sabarudin, S.Si., M.Sc., Dr.Sc dan Dra. Anna Roosdiana, M.App.Sc., selaku dosen pembimbing akademik
5. Qonitah Fardiyah, S.Si., M.Si., Drs. Suratmo, MSc., Drs. Budi Kamulyan, MSc., dan Prof. Dr. Ir. Chanif Mahdi, MS., selaku dosen-dosen penguji atas masukan, waktu dan kerja samanya.
6. Kedua orang tuaku dan adikku yang selalu memberikan do'a, nasehat, bimbingan dan dukungan yang tak henti-hentinya.
7. Teman-teman Kimia atas dukungan dan semangat yang diberikan selama ini.

Dengan segala keterbatasan, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak untuk perbaikan naskah skripsi ini sehingga dapat berguna bagi pembaca.

Malang, 2 Pebruari2011

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biomassa Sebagai Adsorben	5
2.2 <i>Azolla microphylla</i>	5
2.3 Impregnasi Biomassa	7
2.4 Zat Warna Anionik, <i>Congo red</i>	8
2.5 Pengikatan Zat Warna Oleh Biomassa	10
2.6 Pengaruh pH pada Adsorpsi Zat Warna	12
2.7 Pengaruh Lama Pengocokan pada Adsorpsi Zat Warna	13
2.8 Dasar Analisis Spektrofotometri	13
2.9 Hipotesis	14

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	15
3.2 Bahan Penelitian	15
3.3 Alat Penelitian	15
3.4 Tahapan Penelitian	15
3.5 Cara Kerja	16

3.5.1 Preparasi biomassa	16
3.5.2 Impregnasi tembaga(II) ke dalam biomassa <i>Azolla microphylla</i>	16
3.5.3 Penentuan pengaruh pH larutan terhadap adsorpsi <i>congo red</i> oleh biomassa <i>Azolla microphylla</i> terimpregnasi tembaga(II)	17
3.5.4 Penentuan pengaruh lama pengocokan terhadap adsorpsi <i>congo red</i> oleh biomassa <i>Azolla microphylla</i> terimpregnasi tembaga(II)	17
3.5.5 Penentuan pengaruh jumlah tembaga(II) terimpregnasi dalam biomassa <i>Azolla microphylla</i> untuk adsorpsi <i>congo red</i>	18
3.6 Analisis Data	18
3.6.1 Perhitungan persamaan regresi linier dan koefisien korelasi	18
3.6.2 Penentuan jumlah tembaga(II) terimpregnasi	19
3.6.3 Penentuan pengaruh pH larutan, lama pengocokan dan jumlah tembaga(II) terimpregnasi pada adsorpsi <i>congo red</i>	19
3.6.4 Uji statistik	19

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh pH Larutan Terhadap Adsorpsi <i>Congo red</i> oleh Biomassa <i>Azolla microphylla</i> Terimpregnasi Tembaga(II)	23
4.2 Pengaruh Lama Pengocokan Terhadap Adsorpsi <i>Congo red</i> oleh Biomassa <i>Azolla microphylla</i> Terimpregnasi Tembaga(II)	25
4.3 Pengaruh Jumlah Tembaga(II) Terimpregnasi Dalam Biomassa <i>Azolla microphylla</i> Untuk Adsorpsi <i>congo red</i>	27

BAB V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan	31
5.2 Saran	31

DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	37

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	<i>Azolla microphylla</i> 6
Gambar 2.2	Struktur <i>congo red</i> 8
Gambar 2.3	Proses Protonasi <i>congo red</i> 9
Gambar 2.4	Struktur Asam Amino 12
Gambar 2.5	Keadaan Setimbang Asam Amino 12
Gambar 2.6	Kurva hubungan absorbansi dengan konsentrasi 14
Gambar 4.1	Absorbansi larutan <i>congo red</i> pH 4-8 pada panjang gelombang 500 nm 21
Gambar 4.2	Interaksi biomassa dengan tembaga(II) 22
Gambar 4.3	Grafik pengaruh pH terhadap adsorpsi <i>congo red</i> oleh biomassa <i>Azolla microphylla</i> terimpregnasi tembaga(II) 23
Gambar 4.4	Grafik pengaruh lama pencocokan terhadap adsorpsi <i>congo red</i> oleh biomassa <i>Azolla microphylla</i> terimpregnasi tembaga(II) 25
Gambar 4.5	Grafik pengaruh jumlah tembaga(II) terimpregnasi terhadap adsorpsi <i>congo red</i> oleh biomassa <i>Azolla microphylla</i> 28
Gambar 4.6	Interaksi biomassa <i>Azolla microphylla</i> terimpregnasi tembaga(II) dengan <i>congo red</i> 30
Gambar L.5.1	Penentuan λ optimum <i>congo red</i> pada pH 4 51
Gambar L.5.2	Penentuan λ optimum <i>congo red</i> pada pH 5 52
Gambar L.5.3	Penentuan λ optimum <i>congo red</i> pada pH 6 53
Gambar L.5.4	Penentuan λ optimum <i>congo red</i> pada pH 7 54
Gambar L.5.5	Penentuan λ optimum <i>congo red</i> pada pH 8 55
Gambar L.5.6	Penentuan pH pengukuran <i>congo red</i> 56
Gambar L.6.1	Grafik kurva baku larutan standar tembaga(II) menggunakan SSA 57
Gambar L.6.2	Grafik kurva baku larutan standar <i>congo red</i> menggunakan Spektrometri 20 58

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	Type Zat Warna 10
Tabel 3.1	Representasi data 20
Tabel 3.2	Analisis ragam satu arah 20
Tabel 4.1	Perbandingan kemampuan adsorpsi <i>congo red</i> ... 29
Tabel L.1.1	Pembuatan larutan tembaga(II) dengan berbagai konsentrasi 38
Tabel L.1.2	Pembuatan larutan tembaga(II) 39
Tabel L.2.1	Pembuatan larutan <i>congo red</i> 41
Tabel L.5.1	Data pengukuran <i>congo red</i> 10 mg/L pH 4 51
Tabel L.5.2	Data pengukuran <i>congo red</i> 10 mg/L pH 5 52
Tabel L.5.3	Data pengukuran <i>congo red</i> 10 mg/L pH 6 53
Tabel L.5.4	Data pengukuran <i>congo red</i> 10 mg/L pH 7 54
Tabel L.5.5	Data pengukuran <i>congo red</i> 10 mg/L pH 8 55
Tabel L.5.6	Data absorbansi <i>congo red</i> 10 mg/L berbagai pH pada $\lambda=500$ nm 56
Tabel L.6.1	Perhitungan regresi kurva baku tembaga(II) 57
Tabel L.6.2	Perhitungan regresi kurva baku <i>congo red</i> 58
Tabel L.7.1	Data penentuan jumlah tembaga(II) yang terimpregnasi dalam biomassa <i>Azolla microphylla</i> 59
Tabel L.7.2	Data penentuan pengaruh pH larutan terhadap adsorpsi <i>congo red</i> oleh biomassa <i>Azolla microphylla</i> terimpregnasi tembaga(II) 60
Tabel L.7.3	Data pengaruh lama pengocokan terhadap adsorpsi <i>congo red</i> oleh biomassa <i>Azolla microphylla</i> terimpregnasi tembaga(II) 62
Tabel L.7.4	Data pengaruh jumlah tembaga(II) terimpregnasi terhadap adsorpsi <i>congo red</i> oleh biomassa <i>Azolla microphylla</i> 64
Tabel L.7.5	Data kondisi optimum <i>congo red</i> oleh biomassa <i>Azolla microphylla</i> terimpregnasi tembaga(II) .. 65
Tabel L.7.6	Data kemampuan adsorpsi biomassa tanpa impregnasi tembaga(II) dan jumlah impregnasi tertinggi 65
Tabel L.8.1	Data pengaruh pH 67

Tabel L.8.2	Analisa ragam satu arah penentuan pH	68
Tabel L.8.3	Selisih rerata antar perlakuan pH	68
Tabel L.8.4	Data pengaruh lama pengocokan	69
Tabel L.8.5	Analisa ragam satu arah penentuan lama pengocokan	70
Tabel L.8.6	Selisih rerata antar perlakuan lama pengocokan	71
Tabel L.8.7	Data pengaruh jumlah tembaga(II) terimpregnasi	71
Tabel L.8.8	Analisa ragam satu arah pengaruh jumlah tembaga(II) terimpregnasi	72
Tabel L.8.9	Selisih rerata antar perlakuan jumlah tembaga(II) terimpregnasi	73



DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1	Perhitungan dan Pembuatan Larutan Tembaga(II)	37
Lampiran 2	Perhitungan dan Pembuatan Larutan <i>congo red</i>	40
Lampiran 3	Perhitungan dan Pembuatan Buffer Asetat pH 5 dan Larutan HCl Berbagai Konsentrasi	42
Lampiran 4	Diagram Alir Penelitian	45
Lampiran 5	Penentuan pH Pengukuran <i>Congo red</i>	51
Lampiran 6	Pembuatan Kurva Baku	57
Lampiran 7	Data Hasil Penelitian	59
Lampiran 8	Analisa Ragam	67



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Congo red (garam sodium dari asam benzydindiazo-bis-1-naptilamin-4-sulfonat) merupakan salah satu jenis kontaminan zat warna anionik yang sulit didegradasi dan biasa digunakan pada industri tekstil. Keberadaan *congo red* di lingkungan dalam waktu yang lama akan berbahaya karena bersifat karsinogenik dan dapat memberikan efek mutagenik (Chatterjee dkk., 2010). Oleh karena itu, suatu metode pemisahan *congo red* yang efektif sangat diperlukan.

Beberapa metode fisika dan kimia telah diterapkan untuk mengurangi kadar *congo red* dalam limbah cair seperti adsorpsi, koagulasi-flokulasi, oksidasi, filtrasi, metode elektrokimia, biodegradasi, klorinasi, maupun ozonisasi (Gong R dkk., 2007). Dari berbagai metode tersebut, adsorpsi merupakan metode yang banyak diterapkan karena memiliki beberapa kelebihan yaitu prosedur mudah dan cepat, faktor penyerapan yang tinggi, membutuhkan pelarut sedikit, dan mudah aplikasinya menggunakan sistem *batch* maupun sistem alir (Chatterjee dkk., 2010).

Dalam proses adsorpsi, adsorben memegang peranan penting dalam memberikan hasil adsorpsi. Adsorben yang telah digunakan dalam adsorpsi zat warna *congo red* adalah karbon aktif (Rajamohan, N, 2009). Namun, adsorben tersebut untuk zat warna anionik memiliki kekurangan yaitu kapasitas adsorpsi yang relatif kecil. Kapasitas adsorpsi yang kecil dari karbon aktif dikarenakan karbon aktif merupakan adsorben netral yang mampu menyerap komponen netral melalui adsorpsi fisik (Kirk dan Othmer, 1983). Penggunaan karbon aktif juga memerlukan aktivasi karbon sehingga untuk konsentrasi rendah adsorben tersebut dinilai tidak efektif dan mahal.

Dewasa ini telah banyak dikembangkan adsorben zat warna menggunakan biomassa tanaman yang telah mati. Penggunaan biomassa memiliki keunggulan dibandingkan adsorben lain yaitu tidak menghasilkan polusi, sangat selektif, lebih efisien, dan mudah penggunaannya (Rao dkk., 2005). Selain itu, biomassa merupakan sumber daya yang tidak terpakai, adsorben dengan biaya rendah, tersedia secara luas dan ramah lingkungan (Lokeshwari dan

Keshava, 2009). Komponen biomassa tanaman yang berperan penting dalam mengadsorpsi zat warna adalah protein. Salah satu tanaman yang berpotensi sebagai adsorben zat warna adalah *Azolla microphylla*, karena memiliki kandungan protein yang cukup tinggi. *Azolla microphylla* mempunyai kandungan protein kasar antara 24-30%. Pada dinding sel biomassa *Azolla microphylla* terdapat gugus karboksil, hidroksil, amino dan fosfat yang dapat mengikat zat warna (Avery dan Tobin, 1992).

Penelitian yang telah dilakukan kebanyakan untuk adsorpsi zat warna kationik, hal ini karena kemampuan biomassa mengadsorpsi zat warna anionik tidak begitu besar karena permukaan biomassa yang cenderung anionik (Chatterjee dkk., 2009). Untuk meningkatkan adsorpsi zat warna anionik dapat dilakukan melalui peningkatan kemampuan adsorpsi biomassa dengan mengaktifkan muatan positif biomassa. Hal ini dapat dilakukan dengan melakukan impregnasi pada biomassa, sehingga muatan negatif dari biomassa akan berkurang dan tidak terjadi tolakan dengan zat warna anionik saat adsorpsi terjadi. Berdasarkan penelitian Putri (2010), bahwa impregnasi kromium(III) meningkatkan kemampuan adsorpsi biomassa *Azolla microphylla* terhadap zat warna anionik *congo red*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan adsorpsi biomassa *Azolla microphylla* terimpregnasi kromium(III) 21,88 mg/g meningkat 2,86 kali dibanding dengan kemampuan biomassa tanpa impregnasi yang dilakukan pada kondisi optimum pH larutan *congo red* 5.

Pada penelitian ini biomassa *Azolla microphylla* diimpregnasi dengan tembaga(II) menggunakan sistem *batch* pada suhu ruang. Pada suhu tinggi dapat meningkatkan proses adsorpsi seiring dengan meningkatnya suhu karena akan meningkatkan pergerakan ion-ion, tetapi suhu yang semakin tinggi menyebabkan biomassa mengalami perubahan karakteristik. Biomassa yang digunakan berukuran seragam antara 120-150 mesh sehingga memiliki luas permukaan yang cukup besar yang mampu mengadsorpsi dalam jumlah yang banyak karena dengan ukuran yang lebih besar (<120 mesh) adsorben memiliki luas permukaan yang kecil sehingga jumlah yang teradsorpsi lebih sedikit.

Proses impregnasi dilakukan selama 1 jam pada kondisi optimum hasil penelitian Failani (2009), yaitu pada pH 5.

Tembaga(II) banyak terikat oleh biomassa *Azolla* sebagaimana hasil penelitian Failani (2009) yang menyatakan bahwa prosentasi adsorpsi pengikatan tembaga(II) oleh biomassa *Azolla microphylla* sebesar 99,28%.

Proses adsorpsi dipengaruhi lama pengocokan, semakin lama maka akan semakin banyak senyawa yang dapat teradsorpsi. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu kontak antara senyawa yang diadsorpsi menyebabkan interaksi antara senyawa dengan adsorben semakin kuat.

pH merupakan faktor penting dalam proses adsorpsi karena berpengaruh terhadap adsorben maupun adsorbat. Warna *congo red* pada pH di bawah 3,0 adalah biru dan pada pH di atas 5,2 adalah merah. Baik zat warna maupun biomassa pada pH rendah akan terprotonasi sedangkan pada pH tinggi akan terdeprotonasi.

Kajian pengaruh tembaga(II) yang terimpregnasi dalam biomassa *Azolla microphylla* terhadap adsorpsi *congo red* dilakukan dengan menggunakan biomassa *Azolla microphylla* dengan berbagai jumlah tembaga(II) yang terimpregnasi dalam biomassa. Untuk meningkatkan kadar *congo red* yang diadsorpsi, pada penelitian ini dilakukan optimasi kondisi adsorpsi *congo red* menggunakan adsorben biomassa *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II) yang meliputi variasi pH awal *congo red* dan lama pengocokan selama proses adsorpsi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh pH larutan *congo red* terhadap adsorpsi *congo red* menggunakan adsorben *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II)?
2. Bagaimana pengaruh lama pengocokan terhadap adsorpsi *congo red* menggunakan adsorben *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II)?
3. Bagaimana pengaruh jumlah tembaga(II) terimpregnasi terhadap adsorpsi *congo red*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Biomassa *Azolla microphylla* yang digunakan dalam keadaan mati yang berasal dari Tegalgondo Malang dan berukuran 120-150 mesh.
2. Impregnasi tembaga(II) ke dalam biomassa *Azolla microphylla* dilakukan pada pH 5 selama 1 jam (Failani, 2009).
3. Analisis kuantitatif *congo red* yang teradsorpsi dilakukan dengan menggunakan Spektrometri 20.
4. Analisis kuantitatif tembaga(II) yang terimpregnasi dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).
5. Penelitian dilakukan pada suhu ruang (20-25 °C).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh pH larutan *congo red* terhadap adsorpsi *congo red* menggunakan adsorben *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II).
2. Mengetahui pengaruh lama pengocokan terhadap adsorpsi *congo red* menggunakan adsorben *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II).
3. Mengetahui pengaruh jumlah tembaga(II) yang terimpregnasi terhadap adsorpsi *congo red* menggunakan adsorben *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II).

1.5 Manfaat

Hasil penelitian ini dapat memberikan informasi tentang metode alternatif dalam meningkatkan jumlah *congo red* teradsorpsi oleh *Azolla microphylla* yang dipengaruhi pH larutan *congo red*, lama pengocokan dan jumlah tembaga(II) yang terimpregnasi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biomassa Sebagai Adsorben

Kata biomassa biasanya mengacu pada bahan yang berasal dari makhluk hidup yang telah mati. Biomassa diperoleh dari kingdom tanaman yang sangat besar dan jutaan ton tanaman biomassa tersedia di dunia. Bahan alami yang tersedia dalam jumlah besar dan limbah tertentu dari kegiatan pertanian berpotensi untuk digunakan sebagai adsorben dengan biaya rendah, sumber daya yang tidak terpakai, tersedia secara luas dan ramah lingkungan (Lokeshwari dan Keshava, 2009).

Menurut Dean (1992) yang dikutip Rao (2005), biomassa baik yang masih hidup maupun yang telah dilemahkan seperti bakteri, jamur, dan ganggang telah digunakan untuk memindahkan ion logam yang beracun. Gugus fungsional yang terlibat dalam pengikatan logam berat pada sel mikrobiologi adalah fosfat, karboksil dan gugus hidroksil. Pengompleksan logam dengan ligan-ligan tersebut merupakan adsorpsi fisika-kimia pada permukaannya. Seperti proses pemindahan logam secara biologi (biosorpsi) memiliki keunggulan yang berbeda dengan metode konvensional. Seperti pada proses tersebut tidak menghasilkan polusi, sangat selektif, lebih efisien, mudah dalam penggunaannya (Rao dkk., 2005).

Beberapa biomassa yang digunakan sebagai adsorben seperti kulit jeruk untuk penyerapan kadmium, seng, kobalt dan nikel (Xiaomin dkk., 2008), kulit kelapa untuk adsorpsi tembaga(II), besi(II) dan timbal(II) (Abdulrasaq dkk., 2010), penggunaan limbah kulit kentang untuk mempelajari kinetika dan kesetimbangan biosorpsi Cr(VI) dalam air (Abdullah, 2009), penggunaan *Cocos nucifera* dan *Aegle marmelos* untuk penyerapan zat warna *congo red* (Das, 2010), dan penggunaan *Aspergillus wentii* untuk biosorpsi metilen biru (Acemioglu dkk., 2010).

2.2 *Azolla microphylla*

Azolla berasal dari bahasa latin, yaitu *Azo* yang berarti kering dan *Ollyo* yang berarti mati. Tanaman ini akan mati bila dalam keadaan kering. *Azolla* merupakan tanaman sejenis paku-pakuan air yang hidupnya mengambang di atas permukaan air. *Azolla* terdiri

dari enam spesies yang dapat hidup tersebar di daerah yang beriklim subtropis dan tropis (Djojosuwito, 2000).

Azolla microphylla berukuran kecil, lunak bercabang-cabang dan tidak beraturan. Daunnya tebal, berwarna hijau muda dengan tepi hijau agak pucat. Pertumbuhannya tumpang tindih membentuk gugusan dengan ketebalan 1-3 cm dengan jumlah spora yang banyak (Djojosuwito, 2000).



Gambar 2.1 *Azolla microphylla*

Klasifikasi tanaman *Azolla microphylla* adalah sebagai berikut (Lumpkin dan Plucnet, 1980):

Kingdom	: Plantae
Divisio	: Pteridophyta
Kelas	: Filicopsidae
Ordo	: Salviniiales
Famili	: Azollaceae
Genus	: <i>Azolla</i>
Species	: <i>Azolla microphylla</i>

Menurut Shiami dan Kiton (1985) yang dikutip Supurwaningdyah (1999) melaporkan bahwa bila dibandingkan dengan tanaman air lainnya maka tanaman *Azolla* mempunyai kandungan protein yang lebih tinggi. Dalam 100 mg *Azolla microphylla* kering mempunyai kandungan protein kasar sebesar 23,6 g; lemak 2,69 g; dan kadar abu 28,71 g. Komposisi asam amino dalam *Azolla microphylla* sebagai prosentasi protein kasar adalah: treonin (4,70); valin (6,75); isoleusin (5,38); fenilalanin (5,64);

triptofan (2,01); leusin (9,05); lisin (6,45); metionin (1,88); arginin (6,62); dan histidin (2,31) (Khan, 1988).

2.3 Impregnasi Biomassa

Impregnasi merupakan salah satu modifikasi yang dilakukan untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi pada adsorben. Impregnasi logam dalam adsorben dilakukan untuk meningkatkan kemampuannya mengadsorpsi zat warna anionik. Proses impregnasi adalah dengan memasukkan logam ke dalam biomassa yang memiliki situs negatif melalui proses adsorpsi, sehingga dengan mudah logam akan terikat dengan biomassa. Hal ini bertujuan untuk menutup sisi negatif biomassa dan meningkatkan sisi aktif biomassa untuk menyerap zat warna anionik dengan meningkatkan jumlah situs positif.

Dengan dilakukan impregnasi dapat meningkatkan jumlah teradsorpsi, penelitian Putri (2010) menunjukkan bahwa kemampuan adsorpsi *congo red* oleh biomassa *Azolla microphylla* terimpregnasi kromium(III) 21,88 mg/g meningkat 2,86 kali dibanding dengan kemampuan biomassa tanpa impregnasi. Sedangkan dengan adsorben biomassa *Azolla microphylla* yang diimpregnasi besi(III) dari penelitian yang dilakukan Alfranita (2010), untuk % adsorpsi *congo red* dengan jumlah besi(III) yang terimpregnasi 16,19 mg/g sebesar 38,99%, sedangkan prosentasi adsorpsi untuk biomassa tanpa impregnasi besi(III) sebesar 22,59%. Dengan dilakukannya impregnasi besi(III) ke dalam *Azolla microphylla* terjadi peningkatan adsorpsi *congo red* sebesar 1,72 kali.

Menurut Caramalau dkk. (2009), pada proses adsorpsi ion logam oleh biomassa melibatkan banyak gugus fungsi di dalamnya untuk interaksi kimia yang spesifik (pertukaran ion atau pengompleksan) dengan ion logam, selama adsorpsi dalam air. Dengan demikian, efisiensi proses adsorpsi bergantung pada afinitas ion logam untuk gugus fungsi dari permukaan adsorben, dan bergantung pada ketersediaan gugus fungsi tersebut untuk berinteraksi dengan logam. *Azolla microphylla* merupakan salah satu biomassa yang dapat digunakan sebagai adsorben yang mengandung protein kasar sebesar 23,6 g (Khan, 1998).

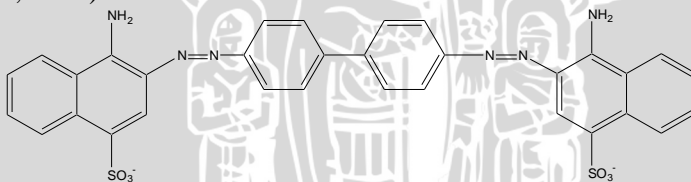
Salah satu logam yang dapat digunakan untuk proses impregnasi adalah tembaga. Tembaga memiliki konfigurasi elektron

pada keadaan dasar $[Ar]3d^{10}4s^1$ (Enghag, 2004). Pengikatan tembaga(II) oleh biomassa *Azolla microphylla* pada pH 5 mencapai 83,96% yang merupakan pH optimum pengikatan. Hal ini diduga karena semakin banyak gugus karboksil yang mengalami deprotonasi (membentuk $-COO^-$) sehingga mampu mengikat lebih banyak tembaga(II) (Failani, 2009).

2.4 Zat Warna Anionik, *congo red*

Zat warna diklasifikasikan berdasarkan struktur kimianya atau berdasarkan pada kegunaannya. Menurut *Central Pollution Control Board (CPCB)*, di India terdapat terdapat jutaan zat warna yang diketahui dan sekitar setengah dari jumlah zat warna, 5000 diproduksi secara komersial. Berdasarkan kegunaannya, zat warna diklasifikasikan menjadi 15 kelompok seperti Tabel 2.1 (Ramachandra dkk., 2002).

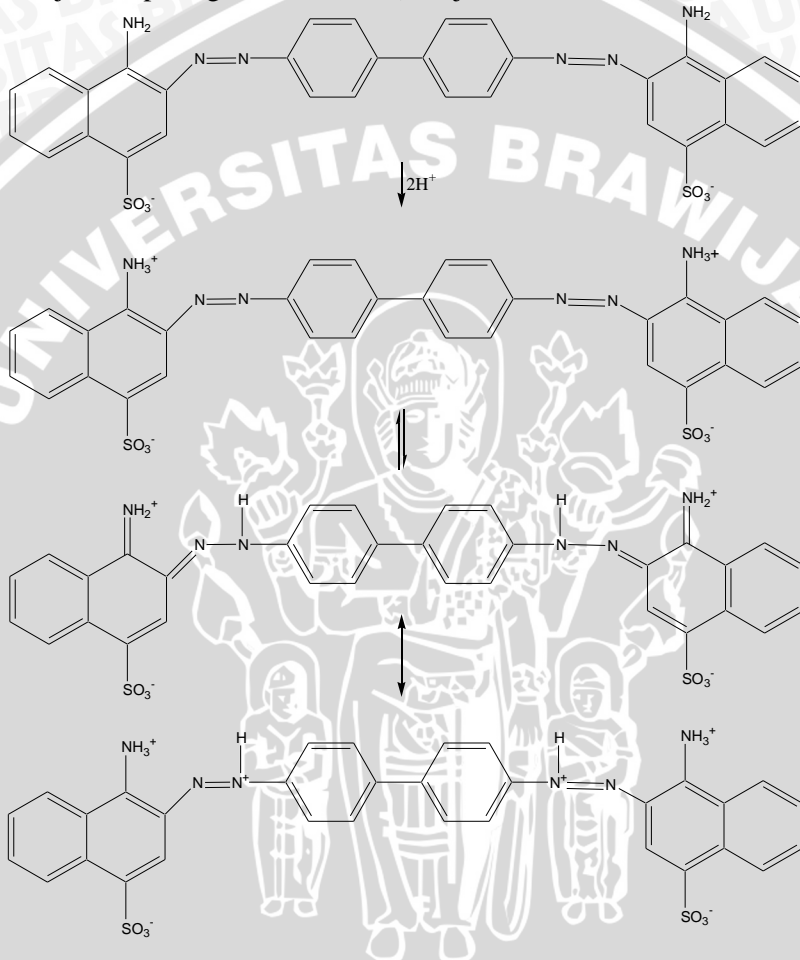
Congo red (garam natrium dari asam benzidindiazo-bis-1-naptilamin-4-sulfonat) merupakan suatu benzidin zat warna azo. Zat warna ini memiliki struktur kimia yang kompleks, kelarutannya tinggi dalam air (Chatterjee dkk., 2010). *Congo red* dengan rumus kimia $[C_{10}H_5(NH_2)(SO_3Na)N=N:C_6H_4]_2$ dengan berat molekul 650,6 g/mol (Bouchemal, 2009), pKa sebesar 4,1 (Erban T. dan Hubert J., 2010) dan panjang gelombang maksimumnya sebesar 500 nm (Nagda dan Ghole, 2008).



Gambar 2.2 Struktur *congo red*

Zat warna anionik *congo red* (CR) terprotonasi jika dilarutkan dalam larutan pH rendah. Hal ini dibuktikan dengan metode titrasi potensiometri yang kemudian dilanjutkan dengan metode spektrofotometri, *congo red* dilarutkan dalam larutan dengan berbagai pH. Menyatakan pada pH rendah *congo red* terprotonasi menjadi muatan positif (kationik, HCR). Ada dua variasi HCR yang diidentifikasi yaitu ammonium yang dominan dimana lebih banyak gugus amin dan hanya beberapa gugus azo yang terprotonasi (bentuk ammonium) dan azonium yang dominan dimana lebih banyak gugus

azo dan hanya beberapa gugus amin yang terprotonasi (bentuk azonium). Adapun gugus sulfonat akan terprotonasi menjadi asamnya (Yermihayu dkk., 2006). Proses protonoasi *congo red* ditunjukkan pada gambar berikut (Mahjoub, dkk., 2007).



Gambar 2.3 Proses Protonasi *congo red*

Tabel 2.1 Tipe Zat Warna

Tipe Zat Warna	Aplikasi	
	Menurut CPCB	Menurut Bank Dunia
Zat Warna Asam (<i>Acid dyes</i>)	Wool, nylon, sutera	Serat hewan
Zat Warna Azo (<i>Azo dyes</i>)	Katun/ kapas	Katun/ kapas
Zat Warna Dasar (<i>Basic dyes</i>)	Akrilik	Kertas
Zat Warna <i>Direct</i> (<i>Direct dyes</i>)	Katun/ kapas, kulit, kertas dan sintetis	Kapas mentah atau sutera
Zat Warna Dispersi (<i>Disperse dyes</i>)	Polyester	
Zat Warna Makanan (<i>Food dyes</i>)	Makanan, kosmetik	
Kompleks logam (<i>Metal complexes</i>)	Katun	
Warna Tajam (<i>Mordant dyes</i>)	Wool	
Agen Pemutih (<i>White agent</i>)	Plastic, kertas, sabun	
Zat Warna Pigmen (<i>Pigment dyes</i>)	Cat dan plastic	Cat dan tinta
Zat Warna Reaktif (<i>Reactive dyes</i>)	Wool dan katun	
Zat Warna Pelarut (<i>Solvent dyes</i>)	Sintetis	
Zat Warna Sulfur (<i>Sulphur dyes</i>)	Katun dan sintetis	
<i>Vat dyes</i>	Katun dan sintetis	

2.5 Pengikatan Zat Warna Oleh Biomassa

Menurut Veglio dan Beolchini (1997) dalam Kim, 2008 bahwa mekanisme pengikatan zat warna melalui biosorpsi dapat dijelaskan secara fisika dan kimia interaksi antara dinding sel ligan dan adsorbat melalui pertukaran ion, pengompleksan, koordinasi dan

mikropresipitasi. Difusi zat warna yang terkumpul di dalam larutan menuju ke sisi aktif biosorben terjadi secara dominan melalui transport pasif dan menurut Avery dan Tobin (1992) dinding sel biosorben terdapat gugus fungsi seperti karboksil, hidroksil, amino dan fosfat yang dapat mengikat zat warna (Kim, 2008).

Pengikatan zat warna pada biomassa dipengaruhi oleh pH yang mempengaruhi sisi aktif permukaan biosorben. Pengikatan zat warna anionik akan terikat pada sisi positif permukaan biomassa. Dengan perubahan pH yang meningkatkan sisi negatif biomassa maka tidak akan mendukung terjadinya adsorpsi karena adanya tolakan elektrostatik (Kim, 2008).

Menurut Zenhu (2010) yang dikutip oleh Das (2010), dengan menggunakan akar tanaman rawa (*Cattail root*) sebagai adsorben untuk pemindahan zat warna *congo red*. Efisiensi pembersihan/pemindahan meningkat dengan meningkatnya jumlah adsorben dan kekuatan ionik, tetapi menurun dengan meningkatnya suhu. Pembersihan/pemindahan *congo red* dari larutan dengan menggunakan *cattail root* terjadi spontan dan proses adsorpsi berlangsung eksotermik.

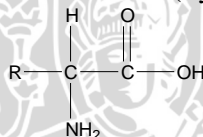
Pada penelitian yang dilakukan Rajamohan (2009) pada penyerapan zat warna anionik dengan akar bakung air (*water hyacinth roots*) yang diaktivasi dengan asam, kelarutan zat warna merupakan sifat penting untuk memungkinkan zat warna (*congo red*) menembus struktur pori dari *water hyacinth roots*. Dengan jelas hal ini dapat diharapkan kecil, kelarutan molekul yang besar akan menjadi molekul yang ideal untuk proses adsorpsi. Meskipun zat warna akan bercampur dalam larutan untuk membentuk dimer dan kemungkinan membentuk misel besar. Seperti gugus molekul besar tidak akan mudah bergerak melalui struktur pori *water hyacinth roots*. Prosesnya akan terbantu apabila zat warna tersebut ionik dan adsorben memiliki muatan yang berlawanan. Zat warna yang memiliki sifat fisik dan elektrik yang berbeda akan mengalami gaya tarik yang berbeda bergantung pada ukuran struktur molekulnya dan gugus fungsinya.

Menurut penelitian Putri (2010), adsorpsi *congo red* pada *Azolla microphylla* yang diimpregnasi dengan kromium(III) dipengaruhi oleh pH, lama pengocokan dan kromium yang terimpregnasi pada biomassa. Meningkatnya pH larutan *congo red*

dengan variasi pH 4-7 akan mengalami peningkatan pada adsorpsi *congo red* dan kemudian mengalami penurunan, pH optimum terjadi pada pH 5. Lama pengocokan pada variasi 60-210 menit, adsorpsi *congo red* pada biomassa meningkat dari 60-120 menit dengan lama pengocokan optimum 120 menit dengan prosentasi adsorpsi 44,43%. Lama pengocokan menunjukkan kesetimbangan adsorpsi. Sedangkan dengan variasi jumlah kromium(III) yang terimpregnasi pada biomassa menunjukkan bahwa impregnasi kromium(III) meningkatkan adsorpsi *congo red*.

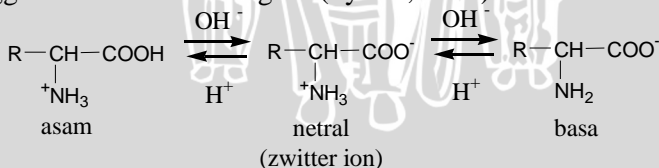
2.6 Pengaruh pH pada Adsorpsi Zat Warna

Azolla microphylla terdapat asam amino sebagai protein kasar (Khan, 1988). Asam amino mengandung gugus karboksilat (-COOH) dan amino (-NH₂) dengan rumus umum (Syukri, 1999):



Gambar 2.4 Struktur Asam Amino

Gugus karboksilat (-COOH) bersifat asam dan gugus amino (-NH₂) bersifat basa. Dengan demikian, asam amino dalam larutan mempunyai tiga keadaan yang setimbang. Dalam larutan asam, H⁺ dari larutan berikatan koordinasi dengan N pada gugus amino sehingga membentuk muatan positif. Dalam larutan netral, H pada gugus karboksilat pindah ke gugus amino, sehingga membentuk dua kutub yang berlawanan. Molekul seperti ini disebut *zwitter ion*. Dalam larutan basa, H gugus karboksilat diikat oleh OH⁻ larutan, sehingga terbentuk kutub negatif (Syukri, 1999).



Gambar 2.5 Keadaan Setimbang Asam Amino

Menurut Rajamohan (2009), pH mempengaruhi penyerapan zat warna. Menurutnya pH mempengaruhi permukaan *water hyacinth roots* sebagai adsorben dan zat warna dalam pengikatan kimianya di

dalam air. pH optimum pada penyerapan *congo red* adalah pada pH 6 dengan penyerapan 46,15 mg/g. Pada kisaran pH 2,0-5,0 penyerapan meningkat, dan pada pH 7,0-10,1 penyerapan *congo red* menurun.

Menurut penelitian Putri (2010), pH mempengaruhi penyerapan *congo red* pada *Azolla microphylla* yang terimpregnasi kromium(III) karena mempengaruhi sifat kimia adsorben dan adsorbat. pH 2 dan pH 3 larutan *congo red* terlihat keruh yang kemungkinan terjadi pengendapan. Dan pH optimum penyerapan *congo red* terjadi pH 5.

2.7 Pengaruh Lama Pengocokan pada Adsorpsi Zat Warna

Suatu proses adsorpsi kimia sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan saat proses adsorpsi berlangsung. Semakin lama proses adsorpsi maka akan semakin banyak senyawa yang dapat teradsorpsi. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu kontak antara senyawa yang diadsorpsi menyebabkan interaksi antara senyawa dengan adsorben semakin kuat. Namun, hal itu akan berlangsung sampai senyawa tersebut mencapai titik jenuhnya (Syukri, 1999).

Menurut penelitian Putri (2010), lama pengocokan mempengaruhi pada penyerapan zat warna *congo red* dengan menggunakan *Azolla microphylla* terimpregnasi kromium(III) karena menunjukkan adanya kesetimbangan adsorpsi. Pada penelitian tersebut lama pengocokan optimum adsorpsi selama 120 menit dengan menggunakan metode *batch*. Pada penelitian Haris (2009), penyerapan metil merah (*methyl red*) dengan menggunakan serat pisang (*banana pseudostem fibers*), menunjukkan kecepatan adsorpsi zat warna dan kesetimbangan adsorpsi mencapai 45 menit. Kecepatan menunjukkan derajat afinitas menuju pada molekul metil merah melalui penyerapan kimia.

2.8 Dasar Analisis Spektrofotometri

Metode spektrofotometri didasarkan pada interaksi antara energi radiasi elektromagnetik dengan molekul. Interaksi tersebut menyebabkan terjadinya penangkapan energi radiasi elektromagnetik, dimana serapan ini karakteristik atau spesifik untuk setiap molekul tersebut (Pescok, 1976). Sumber sinar pada spektrofotometri adalah sinar ultraviolet ($\lambda=200-400$ nm) dan sinar tampak ($\lambda=400-750$ nm). Metode spektrofotometri untuk analisis

kuantitatif suatu senyawa didasarkan pada pengukuran terjadinya serapan radiasi elektromagnetik oleh suatu molekul pada panjang gelombang spesifik.

Hubungan antara panjang jalan yang dilewati oleh intensitas cahaya mula-mula dirumuskan oleh Bouger (1729) dan Lambert (1768). Sementara itu, hubungan antara serapan radiasi dengan konsentrasi pertama kali dirumuskan oleh Beer. Jadi dalam sistem yang direkomendasikan, hukum Lambert-Beer dapat mempunyai dua bentuk.

$$A = \epsilon b c \text{ mol/liter} \text{ atau } A = a b c \text{ gram/liter}$$

Dimana: c = konsentrasi

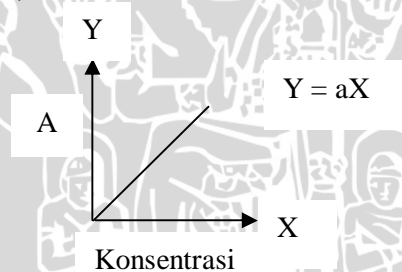
ϵ = adsorptivitas molar

A = absorbansi

b = tebal sel (cm)

a = adsorptivitas

Jika dibuat grafik hubungan antara serapan (A) lawan konsentrasi (c) maka akan diperoleh garis lurus melalui titik nol seperti terlihat pada gambar dibawah ini, dengan ϵb adalah slope garis (Ewing, 1989).



Gambar 2.6. Kurva hubungan absorbansi dengan konsentrasi

2.9 Hipotesis

Biomassa *Azolla microphylla* yang diimpregnasi menggunakan tembaga(II) diduga dapat meningkatkan kemampuan biomassa untuk mengadsorpsi zat warna anionik *congo red*. Adsorpsi tersebut dipengaruhi oleh pH, lama pengocokan dan jumlah tembaga(II) yang terimpregnasi pada biomassa.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Anorganik, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya selama 3 bulan, mulai bulan Oktober sampai Desember 2010.

3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan-bahan yang berderajat pro analisa, bahan-bahan tersebut adalah $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, HCl (37%, bj = 1,19 g/mL), NaOH, *congo red*, HNO_3 (65%, bj = 1,4 g/mL) dan CH_3COOH (100%, bj = 1,05 g/mL). Bahan lain yang dipergunakan adalah biomassa *Azolla microphylla* kering yang diperoleh dari daerah Tegalgondo Malang.

3.3 Alat Penelitian

Alat yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah oven merk Fisher Scientific Isotemp Oven Model 655F, ayakan (120 dan 150 mesh), labu erlenmeyer (100 mL, 250 mL), labu ukur (25 mL, 50 mL, 100 mL, 250 mL, 500 mL, 1000 mL), pH meter (inoLab, Schott Gerate pH-Meter CG 820), pipet tetes, pipet volume (5 mL, 10 mL, 25 mL), pipet ukur (5 mL, 10 mL), gelas beker (500 mL, 250 mL, 100 mL, 50 mL), pengaduk, mortar, shaker rotator type H-SR-200, sentrifuge merk Fischer Scientific Centrifuge, timbangan merk Mettler PE 300, Spectronic 20 Bausch & Lomb, Spektrofotometer Serapan Atom.

3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, antara lain:

1. Preparasi adsorben *Azolla microphylla*.
2. Impregnasi tembaga(II) ke dalam biomassa *Azolla microphylla* menggunakan konsentrasi tembaga(II) yang bervariasi.

3. Penentuan pengaruh pH larutan terhadap adsorpsi *congo red* oleh biomassa *Azolla microphylla* yang diimpregnasi tembaga(II).
4. Penentuan pengaruh lama pengocokan terhadap adsorpsi *congo red* oleh biomassa *Azolla microphylla* yang diimpregnasi tembaga(II).
5. Penentuan jumlah tembaga(II) terimpregnasi dalam biomassa *Azolla microphylla* yang mampu meningkatkan kemampuan adsorpsi *congo red*.
6. Analisis data.

3.5 Cara Kerja

3.5.1 Preparasi biomassa

Azolla microphylla dicuci bersih dan dijemur di bawah sinar matahari kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C. Selanjutnya ditumbuk sampai halus dan diayak dengan ukuran 120-150 mesh. Biomassa yang lolos dengan ayakan 120 mesh diayak dengan menggunakan ayakan 150 mesh. Biomassa yang tertahan pada ayakan 150 mesh digunakan sebagai bahan penelitian. Biomassa dengan ukuran 120-150 mesh dicuci dengan HCl 0,01 M sebanyak dua kali, selanjutnya dicuci dengan akuades sampai pH netral dimana penentuan pH dari filtrat hasil pencucian sama dengan pH akuades. Selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C dan didapatkan berat konstan.

3.5.2 Impregnasi tembaga(II) ke dalam biomassa *Azolla microphylla*

Biomassa sebanyak 5 g (hasil perlakuan 3.5.1) disiapkan dalam erlenmeyer 250 mL. Sebanyak 150 mL larutan tembaga(II) 800 mg/L dengan pH 5 dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang telah berisi biomassa *Azolla microphylla*, selanjutnya dikocok selama 1 jam dengan kecepatan 120 rpm. Suspensi hasil pengocokan disentrifugasi pada 3000 rpm selama 5 menit, supernatan disimpan dalam botol sampel dan ditambahkan beberapa tetes HNO₃ pekat selanjutnya ditentukan konsentrasi tembaga(II) dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Residu yang tertinggal dikeringkan dalam oven dengan suhu 60 °C. Hal yang sama

dilakukan untuk konsentrasi tembaga(II) 400, 1000, 1200, dan 1400 mg/L dengan menggunakan 1 g biomassa *Azolla microphylla* dan 30 mL larutan tembaga(II).

3.5.3 Penentuan pengaruh pH larutan terhadap adsorpsi *congo red* oleh biomassa *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II)

Sebanyak 0,10 g sampel biomassa *Azolla microphylla* (hasil perlakuan 3.5.2 yang diimpregnasi dengan tembaga(II) 800 mg/L) disiapkan dalam erlenmeyer selanjutnya dimasukkan 25 mL larutan zat warna *congo red* 100 mg/L dengan variasi pH 4, 5, 6, dan 7. Selanjutnya dikocok selama 1 jam dengan kecepatan 120 rpm. Suspensi hasil pengocokan disentrifugasi pada 3000 rpm selama 5 menit, supernatan dipisahkan dan diukur pHnya. Selanjutnya ditentukan konsentrasi *congo red* sisa dengan menggunakan Spektrometri UV-Vis. Preparasi sampel dilakukan dengan faktor pengenceran 10. Sampel sisa setelah adsorpsi dipipet 5 ml dengan menggunakan pipet volume. Selanjutnya diatur pada pH 6 dan dimasukkan dalam labu takar 50 ml. Diencerkan dengan larutan pH 6 sampai tanda batas kemudian dikocok. Sampel diukur dengan menggunakan Spektrometri UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 500 nm.

3.5.4 Penentuan pengaruh lama pengocokkan terhadap adsorpsi *congo red* oleh biomassa *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II)

Sebanyak 0,10 g sampel biomassa *Azolla microphylla* (hasil perlakuan 3.5.2 yang diimpregnasi dengan tembaga(II) 800 mg/L) disiapkan dalam erlenmeyer dan dimasukkan 25 mL larutan zat warna *congo red* 100 mg/L dengan pH larutan optimum (hasil perlakuan 3.5.3), selanjutnya dikocok dengan shaker pada 120 rpm dengan variasi lama pengocokkan 60, 90, 120, 150, 180 dan 210 menit. Suspensi hasil pengocokkan disentrifugasi pada 3000 rpm selama 5 menit, selanjutnya supernatan dipisahkan dan diatur pH filtrat sesuai dengan pH pengukuran, selanjutnya ditentukan konsentrasi *congo red* dalam supernatan dengan menggunakan Spektrometri UV-Vis. Preparasi sampel dilakukan dengan faktor pengenceran 10. Sampel sisa setelah adsorpsi dipipet 5 ml dengan

menggunakan pipet volume. Selanjutnya diatur pada pH 6 dan dimasukkan dalam labu takar 50 ml. Diencerkan dengan larutan pH 6 sampai tanda batas kemudian dikocok. Sampel diukur dengan menggunakan Spektronik 20 pada panjang gelombang maksimum 500 nm.

3.6 Penentuan pengaruh jumlah tembaga(II) terimpregnasi dalam biomassa *Azolla microphylla* untuk adsorpsi *congo red*

Sebanyak 0,10 g sampel biomassa *Azolla microphylla* yang tidak terimpregnasi tembaga(II) (hasil perlakuan 3.5.1) dan biomassa yang diimpregnasi dengan tembaga(II) (hasil perlakuan 3.5.2) disiapkan dalam erlenmeyer dan dimasukkan 25 mL larutan zat warna *congo red* 100 mg/L dengan pH larutan optimum (hasil perlakuan 3.5.3), selanjutnya dikocok dengan shaker pada 120 rpm dengan lama pengocokan optimum (hasil perlakuan 3.5.4). Suspensi hasil pengocokan disentrifugasi pada 3000 rpm selama 5 menit, selanjutnya supernatan dipisahkan dan diatur pH filtrat sesuai dengan pH standar pengukuran, selanjutnya ditentukan konsentrasi *congo red* dalam supernatan dengan menggunakan Spektronik 20. Preparasi sampel dilakukan dengan faktor pengenceran 10. Sampel sisa setelah adsorpsi dipipet 5 ml dengan menggunakan pipet volume. Selanjutnya diatur pada pH 6 dan dimasukkan dalam labu takar 50 ml. Diencerkan dengan larutan pH 6 sampai tanda batas kemudian dikocok. Sampel diukur dengan menggunakan Spektronik 20 pada panjang gelombang maksimum 500 nm.

3.7 Analisis Data

3.7.1 Perhitungan persamaan regresi linier dan koefisien korelasi

Persamaan regresi linier digunakan untuk membuat kurva baku tembaga(II) dan zat warna. Secara umum persamaan regresi linier adalah $y = ax$, dimana x adalah konsentrasi tembaga(II) atau konsentrasi zat warna dan y adalah absorbansinya. Nilai koefisien a dihitung dengan persamaan:

$$a = \frac{\sum xy}{\sum x^2}$$

Koefisien korelasi ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$R^2 = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}}$$

3.7.2 Penentuan jumlah tembaga(II) terimpregnasi

Jumlah tembaga(II) yang terimpregnasi ke dalam biomassa *Azolla microphylla* dapat ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Jumlah Cu(II) terimpregnasi} = \frac{(C_o - C_s)}{m} \times V$$

Dimana: C_o = konsentrasi tembaga(II) sebelum impregnasi (mg/L)
 C_s = konsentrasi tembaga(II) sesudah impregnasi (mg/L)
 m = massa biomassa yang diimpregnasi (gram)
 V = volume larutan Cu(II) yang diimpregnasi (L)

3.7.3 Penentuan pengaruh pH larutan, lama pengocokan dan jumlah tembaga(II) terimpregnasi pada adsorpsi *congo red*

Dari data variasi pH larutan *congo red*, lama pengocokan dan tembaga(II) yang terimpregnasi pada adsorpsi *congo red* oleh biomassa *Azolla microphylla* maka dapat diketahui pH optimum, lama pengocokan optimum dan pengaruh jumlah tembaga(II) yang terimpregnasi dari prosentasi adsorpsi zat warna:

$$\% \text{ adsorpsi } congo \text{ red} = \frac{(C_o - C_s)}{C_o} \times 100 \%$$

Dimana: C_o = konsentrasi *congo red* sebelum adsorpsi (mg/L)
 C_s = konsentrasi *congo red* sesudah adsorpsi (mg/L)

3.7.4 Uji statistik

Data adsorpsi *congo red* oleh *Azolla microphylla* yang diperoleh dianalisa dengan menggunakan uji ANOVA untuk mengetahui pengaruh setiap perlakuan dengan uji F pada tingkat kepercayaan 5 %. Jika ada perbedaan, maka dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT). Representasi data adsorpsi *congo red*

oleh *Azolla microphylla* dan analisa ragam disajikan pada Tabel 3.1 dan 3.2.

Tabel 3.1 Representasi data

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
A	Y ₁₁	Y ₁₂			
B					
C					
Total			Y _{ij}		

Tabel 3.2 Analisis ragam satu arah

Sumber keragaman	dB	JK	KT	F _{hit}	F _{tab}
Perlakuan	n-1	JKP	JKP/dB _P	KT _P /KT _G	F(p-1); (n-1)
Galat	(p-1);(n-1)	JKG	JKG/dB _G		
Total	Pn-1	JKT			

Keterangan:

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{(\text{grand total})^2}{N}$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Total (JKT)} = \sum \sum Y_i^2 - \text{FK}$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)} = \frac{\sum (\text{Hasil perlakuan})^2}{n} - \text{FK}$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Galat (JKG)} = \text{JKT} - \text{JKP}$$

$$\text{Kuadrat Total Perlakuan (KTP)} = \frac{\text{JKP}}{\text{db Perlakuan}}$$

$$\text{Kuadrat Total Galat (KTG)} = \frac{\text{JKG}}{\text{db Galat}}$$

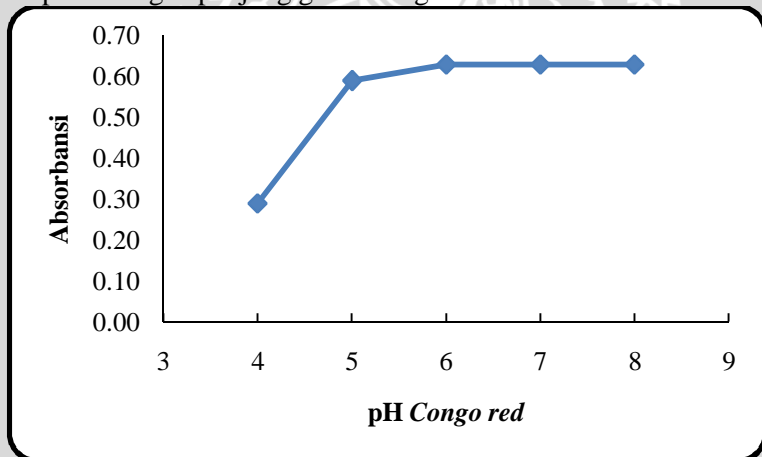
$$F \text{ Hitung} = \frac{\text{KTP}}{\text{KTG}}$$

Uji Beda Nyata Terkecil dilakukan untuk mengetahui perbedaan antara perlakuan. Nilai BNT ditentukan dari persamaan:

$$\text{BNT} = t^a(dB_G) \times \sqrt{\frac{2 \text{KTG}}{n}}$$

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini digunakan biomassa *Azolla microphylla* yang diimpregnasi dengan larutan tembaga(II) untuk mengadsorpsi zat warna *congo red*. Jumlah tembaga(II) yang terimpregnasi ke dalam biomassa *Azolla microphylla* dianalisis menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Sedangkan jumlah *congo red* yang diadsorpsi oleh biomassa *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II) dianalisis menggunakan Spektrofotometri Sinar Tampak (Spektronik 20). Menurut Bouchemal dan Addoun (2009), *congo red* dapat mengalami perubahan warna merah ke biru. Untuk mengetahui kondisi optimum pengukuran *congo red* menggunakan Spektronik 20 dilakukan pengukuran terhadap larutan *congo red* 10 mg/L pada rentang panjang gelombang 400-590 nm dengan berbagai variasi pH (4, 5, 6, 7, dan 8). Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa untuk mengukur *congo red* sisa adsorpsi kondisi yang optimum adalah pada pH 6 dengan panjang gelombang 500 nm.



Gambar 4.1 Absorbansi larutan *congo red* pH 4-8 pada panjang gelombang 500 nm

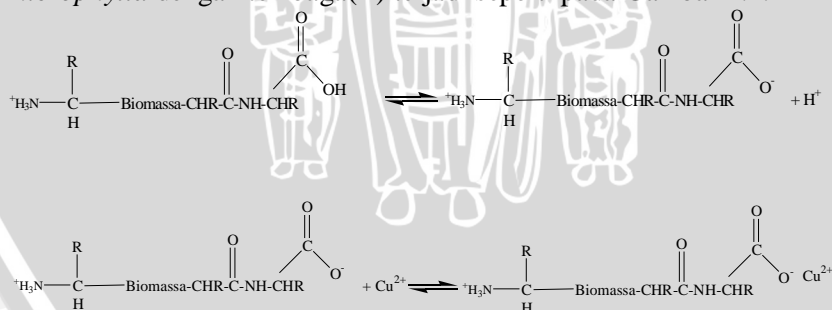
Pada pH 4 larutan *congo red* berwarna ungu dan pada pH 5-8 larutan *congo red* berwarna merah. Larutan *congo red* pada pH 4 memberikan serapan terbesar pada panjang gelombang 540 nm

dengan absorbansi 0,35 dan pada pH 5, 6, 7, dan 8 serapan terbesar pada panjang gelombang 500 nm dengan absorbansi semakin meningkat seiring dengan peningkatan pH (Lampiran L.5).

Berdasarkan pengukuran dari pH 4 hingga pH 8 larutan *congo red* mengalami pergeseran hipsokromik. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar pH energi yang diperlukan semakin besar sehingga semakin sulit untuk terjadi delokalisasi elektron. Pengukuran serapan *congo red* pada panjang gelombang 500 nm memberikan absorbansi tertinggi pada pH 6, 7, dan 8. Dengan pertimbangan efisiensi, maka pH 6 dipilih sebagai kondisi optimum pengukuran (Gambar 4.1).

Tahapan impregnasi tembaga(II) dalam biomassa *Azolla microphylla* dilakukan dengan menggunakan berbagai variasi konsentrasi larutan tembaga(II). Variasi konsentrasi yang digunakan adalah 400, 800, 1000, 1200, dan 1400 mg/L. Dari proses tersebut didapatkan jumlah tembaga(II) terimpregnasi berturut-turut sebesar 10,56; 23,28; 22,40; 24,34; dan 32,44 mg/g biomassa. Untuk menentukan pengaruh pH larutan dan lama pengocokan digunakan biomassa terimpregnasi tembaga(II) sebesar 23,28 mg/g.

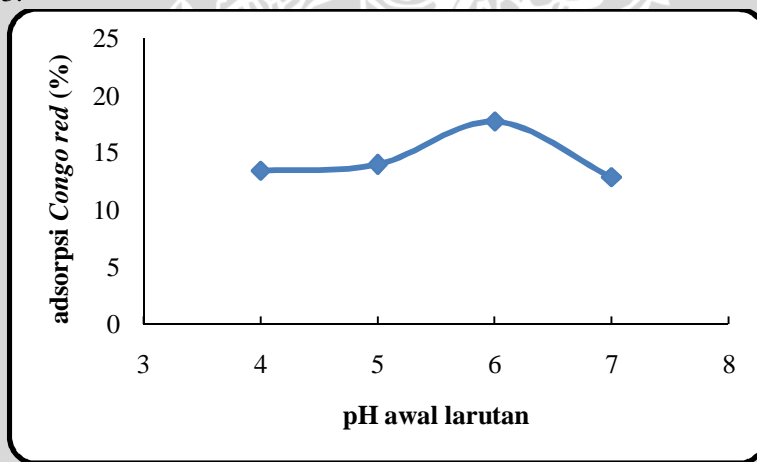
Impregnasi tembaga(II) dalam biomassa *Azolla microphylla* dilakukan pada pH 5. Pada pH tersebut permukaan biomassa lebih bermuatan negatif (Wierzba, 2010) dan berdasarkan penelitian Failani (2009), pH 5 merupakan pH optimum dalam pengikatan tembaga(II). Salah satu gugus fungsi pada permukaan biomassa yang bermuatan negatif adalah karboksil yang mampu mengikat logam (Wierzba, 2010) dan diduga interaksi antara biomassa *Azolla microphylla* dengan tembaga(II) terjadi seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Interaksi biomassa dengan tembaga(II)

4.1 Pengaruh pH Larutan Terhadap Adsorpsi *Congo red* oleh Biomassa *Azolla microphylla* Terimpregnasi Tembaga(II)

Penentuan pengaruh pH larutan *congo red* dilakukan menggunakan adsorben biomassa *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II) sebesar 23,28 mg/g biomassa. Kajian pengaruh pH dilakukan dengan metode *batch* pada variasi pH 4, 5, 6 dan 7 dengan lama pengocokan selama 60 menit. Penelitian pengaruh pH tidak dilakukan pada pH yang lebih rendah karena diketahui pada pH 2 dan pH 3 larutan *congo red* terlihat keruh, diduga karena larutan tersebut mulai mengalami koagulasi. Hal ini disebabkan pada kondisi pH tersebut mulai terjadi protonasi terhadap gugus sulfonat sehingga sifat kepolaran dan kelarutannya dalam air berkurang. Sedangkan pada pH lebih tinggi dari 7 larutan *congo red* terlihat semakin bening, diduga karena *congo red* dalam larutan tersebut telah mengalami deprotonasi. Hubungan antara pH larutan *congo red* dengan prosentasi *congo red* teradsorpsi oleh biomassa *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II) ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Grafik pengaruh pH terhadap adsorpsi *congo red* oleh biomassa *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II)

Berdasarkan Gambar 4.3 diketahui bahwa kondisi pH sangat berpengaruh pada proses adsorpsi *congo red* menggunakan adsorben

biomassa *Azolla microphylla* yang diimpregnasi tembaga(II) karena pH berpengaruh terhadap disosiasi gugus fungsi dan sifat kimia adsorben maupun adsorbat. Prosentasi adsorpsi *congo red* hampir sama pada pH 4 dan 5 dan meningkat pada pH 6, tetapi adsorpsi *congo red* menurun pada pH 7.

Berdasarkan hasil uji statistik yang dilakukan (Lampiran L.8.1) pada taraf nyata 0,05 diperoleh F hitung sebesar 8,31 lebih besar dari F tabel yaitu 4,07. Hal ini menunjukkan bahwa pH berpengaruh terhadap adsorpsi *congo red*. Berdasarkan uji BNT diketahui bahwa prosentasi adsorpsi *congo red* oleh biomassa *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II) pada pH 6 berbeda nyata dibandingkan prosentasi adsorpsi *congo red* pada pH 4, 5, dan 7 dan merupakan prosentasi adsorpsi tertinggi sehingga dapat disimpulkan bahwa pH optimum adsorpsi *congo red* oleh biomassa *Azolla microphylla* adalah pH 6 dengan prosentasi adsorpsi sebesar 17,74%.

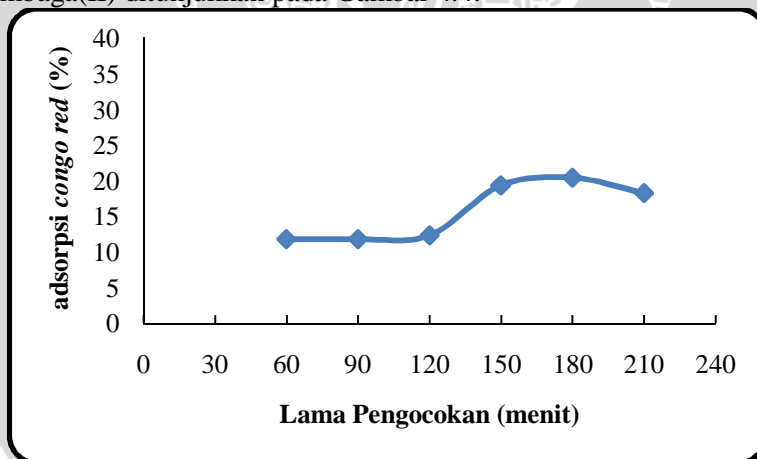
Hasil penelitian yang ditampilkan pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa prosentasi adsorpsi pada pH 4 dan pH 5 tidak beda nyata yaitu sebesar 13,44% dan 13,98%. Pada pH 4 dan pH 5 gugus amino protein pada *Azolla microphylla* dalam keadaan terprotonasi ($-\text{NH}_3^+$), karena pKa gugus amino protein *Azolla* umumnya lebih besar dari 8 (Montgomery dkk., 1993), sehingga nilai prosentasi adsorpsi pada kedua kondisi pH tersebut disebabkan oleh gugus aktif $-\text{NH}_3^+$ dari biomassa.

Dibandingkan dengan kondisi adsorpsi pada pH 6, prosentasi adsorpsi yang didapatkan mengalami peningkatan yang signifikan yaitu sebesar 17,74%. Hal ini kemungkinan karena pada pH 4 dan pH 5, diduga sebagian molekul *congo red* berada dalam bentuk terprotonasi sebagaimana ditunjukkan oleh bentuk II pada Gambar 2.3. Muatan positif gugus $-\text{NH}_3^+$ pada *congo red* menyebabkan adanya gaya tolak antara adsorben dan *congo red*, sehingga prosentasi adsorpsi pada pH 4 dan pH 5 lebih kecil daripada pH 6. Pada pH 7 prosentasi adsorpsi *congo red* kembali menurun yaitu sebesar 12,90%. Menurunnya prosentasi adsorpsi *congo red* diduga karena pada pH semakin tinggi, *congo red* cenderung berada dalam bentuk anionik sehingga terjadi persaingan dengan OH dari larutan dan menurut Failani (2009) bahwa pada pH yang semakin tinggi menyebabkan terjadinya hidrolisis tembaga(II). Tembaga(II) akan terhidrolisis dari $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ menjadi $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})]^{1+}$ dan

[Cu(H₂O)₄(OH)₂] sehingga mengakibatkan terjadinya penurunan gaya elektrostatis. Penurunan gaya elektrostatis menyebabkan turunnya peran tembaga(II) dalam mengadsorpsi *congo red*.

4.2 Pengaruh Lama Pengocokan Terhadap Adsorpsi *Congo red* oleh Biomassa *Azolla microphylla* Terimpregnasi Tembaga(II)

Penentuan pengaruh lama pengocokan terhadap adsorpsi *congo red* dilakukan menggunakan adsorben yang sama dengan penentuan pengaruh pH larutan *congo red* yaitu dengan menggunakan biomassa *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II) sebesar 23,28 mg/g biomassa pada kondisi optimum pada pH 6. Kajian pengaruh lama pengocokan dilakukan dengan metode *batch* pada variasi lama pengocokan 60, 90, 120, 150, 180 dan 210 pada 120 rpm. Penelitian pengaruh lama pengocokan dilakukan karena lama pengocokan menunjukkan waktu kontak yang mempengaruhi kesetimbangan adsorpsi. Waktu kontak mempengaruhi gaya tarik antar adsorben dan adsorbat seperti gaya van der Waals dan gaya elektrostatis (El-Latif, 2010). Hubungan antara lama pengocokan dengan prosentasi *congo red* teradsorpsi oleh biomassa *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II) ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik pengaruh lama pengocokan terhadap adsorpsi *congo red* oleh biomassa *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II)

Berdasarkan Gambar 4.4 diketahui bahwa lama pengocokan sangat berpengaruh pada proses adsorpsi *congo red* menggunakan adsorben biomassa *Azolla microphylla* yang diimpregnasi tembaga(II) karena mempengaruhi kesetimbangan adsorpsi. Presentasi adsorpsi *congo red* mengalami sedikit peningkatan pada lama pengocokan 60, 90 dan 120 menit dan meningkat tajam pada lama pengocokan 150 dan 180 menit kemudian mengalami penurunan pada lama pengocokan 210 menit.

Berdasarkan hasil uji statistik yang dilakukan (Lampiran L.8.2) pada taraf nyata 0,05 diperoleh F hitung sebesar 17,34 lebih besar dari F tabel yaitu 3,11. Hal ini menunjukkan bahwa lama pengocokan berpengaruh terhadap adsorpsi *congo red*. Berdasarkan uji BNT diketahui bahwa presentasi adsorpsi *congo red* oleh biomassa *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II) pada lama pengocokan 150, 180 dan 210 menit berbeda nyata dibandingkan presentasi adsorpsi *congo red* pada lama pengocokan 60, 90 dan 120 menit. Antara lama pengocokan 150, 180 dan 210 menit menunjukkan bahwa tidak berbeda nyata sehingga dapat disimpulkan bahwa kesetimbangan terjadi pada lama pengocokan ≥ 150 menit dengan presentasi *congo red* teradsorpsi sebesar 19,35%.

Hasil penelitian yang ditampilkan pada Gambar 4.4 menunjukkan bahwa presentasi adsorpsi *congo red* meningkat seiring dengan meningkatnya lama pengocokan. Pada lama pengocokan 60, 90 dan 120 menit memiliki presentasi adsorpsi dengan sedikit peningkatan yaitu pada lama pengocokan 60 dan 90 menit memiliki presentasi adsorpsi 11,83% dan lama pengocokan 120 menit memiliki presentasi adsorpsi sebesar 12,37%. Pada lama pengocokan ini belum mencapai kesetimbangan karena pada lama pengocokan 150 menit mengalami peningkatan presentasi adsorpsi yang signifikan.

Pada lama pengocokan 150 dan 180 menit, presentasi adsorpsi yang didapatkan mengalami peningkatan yang signifikan yaitu sebesar 19,35% dan 20,43%. Hal ini menunjukkan bahwa dengan bertambahnya lama pengocokan secara bertahap mencapai kesetimbangan adsorpsi. Pada lama pengocokan 210 menit presentasi adsorpsi mengalami penurunan menjadi 18,28% dan tidak beda nyata dengan lama pengocokan 150 menit. Penurunan ini diduga karena pada lama pengocokan tersebut terjadi kesetimbangan

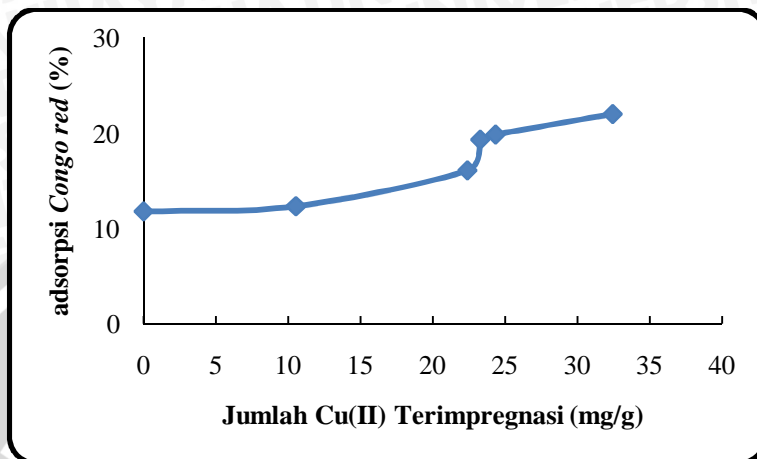
adsorpsi dan desorpsi. Semakin banyak *congo red* yang terserap dalam biomassa maka akan saling berjejal dan luas permukaan adsorben semakin berkurang, sehingga *congo red* yang telah berikatan akan lepas kembali menuju larutan (Mittal, dkk., 2009) yang menyebabkan biomassa tidak mampu mengadsorpsi *congo red* dalam jumlah yang lebih besar. Dengan lama pengocokan yang lebih lama diduga akan memberikan prosentasi adsorpsi *congo red* yang tidak berbeda nyata, hampir konstan. Sehingga diketahui proses adsorpsi yang terjadi adalah adsorpsi kimia. Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa kondisi optimum pengaruh lama pengocokan pada adsorpsi *congo red* terjadi pada 150 menit.

4.3 Pengaruh Jumlah Tembaga(II) Terimpregnasi Dalam Biomassa *Azolla microphylla* Untuk Adsorpsi *congo red*

Penentuan pengaruh jumlah tembaga(II) terimpregnasi dalam biomassa *Azolla microphylla* terhadap adsorpsi *congo red* dilakukan menggunakan adsorben tanpa dilakukan impregnasi dan menggunakan biomassa yang telah diimpregnasi berbagai variasi konsentrasi tembaga(II) 10,56; 22,40; 23,28; 24,34; dan 32,44 mg/g biomassa pada kondisi optimum pH 6 dengan lama pengocokan 150 menit.

Kajian pengaruh jumlah tembaga(II) terimpregnasi ini dilakukan dengan metode *batch*. Penelitian pengaruh jumlah tembaga(II) terimpregnasi ini dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya dalam meningkatkan kemampuan biomassa dalam mengadsorpsi *congo red* dengan meningkatkan sisi aktif dari adsorben. Hubungan antara jumlah tembaga(II) terimpregnasi dengan prosentasi *congo red* teradsorpsi oleh biomassa *Azolla microphylla* ditunjukkan pada Gambar 4.5.

Berdasarkan Gambar 4.5 diketahui bahwa jumlah tembaga(II) terimpregnasi berpengaruh pada proses adsorpsi *congo red* menggunakan adsorben biomassa *Azolla microphylla* yang diimpregnasi tembaga(II). Prosentasi adsorpsi *congo red* mengalami sedikit peningkatan seiring dengan peningkatan jumlah tembaga(II) yang terimpregnasi pada biomassa. Pada biomassa dengan jumlah tembaga(II) terimpregnasi sebesar 32,44 mg/g mengalami peningkatan prosentasi adsorpsi.



Gambar 4.5 Grafik pengaruh jumlah tembaga(II) terimpregnasi terhadap adsorpsi *congo red* oleh biomassa *Azolla microphylla*

Berdasarkan hasil uji statistik yang dilakukan (Lampiran L.8.3) pada taraf nyata 0,05 diperoleh F hitung sebesar 6,67 lebih besar dari F tabel yaitu 3,11. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah tembaga(II) terimpregnasi berpengaruh terhadap adsorpsi *congo red*. Berdasarkan uji BNT diketahui bahwa kenaikan prosentasi adsorpsi *congo red* pada setiap kenaikan jumlah tembaga(II) terimpregnasi tidak berbeda nyata satu sama lain. Tetapi prosentasi adsorpsi *congo red* pada biomassa terimpregnasi tembaga(II) sebesar 23,28 mg/g berbeda nyata dengan biomassa tanpa tembaga(II). Antara jumlah tembaga(II) terimpregnasi yang hampir sama yaitu 22,40 mg/g; 23,28 mg/g; dan 24,34 mg/g biomassa terdapat perbedaan prosentasi adsorpsi. Kenaikan prosentasi adsorpsi *congo red* pada biomassa terimpregnasi tembaga(II) 22,40 dan 23,28 mg/g biomassa lebih besar daripada kenaikan adsorpsi *congo red* pada biomassa terimpregnasi tembaga(II) 23,28 dan 24,34 mg/g biomassa. Walaupun demikian, hasil uji statistik (L.8.3) menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang nyata pada prosentasi adsorpsi dari ketiga biomassa dengan jumlah tembaga(II) yang berbeda-beda tersebut.

Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa biomassa dengan jumlah tembaga(II) terimpregnasi tertinggi, 32,44 mg/g, mampu

mengadsorpsi *congo red* hingga 22,04%, jauh lebih baik daripada biomassa tanpa impregnasi tembaga(II) yang mengadsorpsi hanya 11,83%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa jumlah tembaga(II) terimpregnasi mempengaruhi adsorpsi *congo red* dan meningkatkan adsorpsi hingga sebesar 1,86 kali daripada hasil adsorpsi biomassa tanpa impregnasi. Dalam adsorpsi zat warna anionik ini, diduga yang berperan dalam biomassa adalah gugus –NH₃⁺. Namun dalam biomassa *Azolla* juga terdapat mineral (kadar abu 28,71 g) yang bermuatan positif yang diduga membantu meningkatkan prosentasi adsorpsi *congo red*, sehingga meskipun tanpa dilakukan impregnasi tembaga(II) di dalam biomassa masih memiliki prosentasi adsorpsi *congo red* yang cukup besar.

Peningkatan adsorpsi zat warna diduga karena adanya tembaga(II) yang terimpregnasi dalam biomassa, sehingga meningkatkan jumlah sisi aktif adsorben dan meningkatkan adsorpsi zat warna anionik *congo red*. Karena dengan adanya tembaga(II) muatan negatif dari biomassa tertutupi dan menambah muatan positif biomassa untuk mengikat *congo red* dengan menyumbangkan sisa muatan tembaga(II) yang tidak terikat pada biomassa.

Tabel 4.1 Perbandingan kemampuan adsorpsi *congo red*

Logam Terimpregnasi	Jumlah Logam Terimpregnasi (mmol/g)	Rataan % adsorpsi <i>congo red</i>	Peningkatan kemampuan (kali)
Cu(II)	0	11,83	1,86
	0,511	22,04	
Cr(III) ⁽¹⁾	0	15,71	2,86
	0,351	44,94	
Fe(III) ⁽²⁾	0	22,59	1,73
	0,290	38,99	

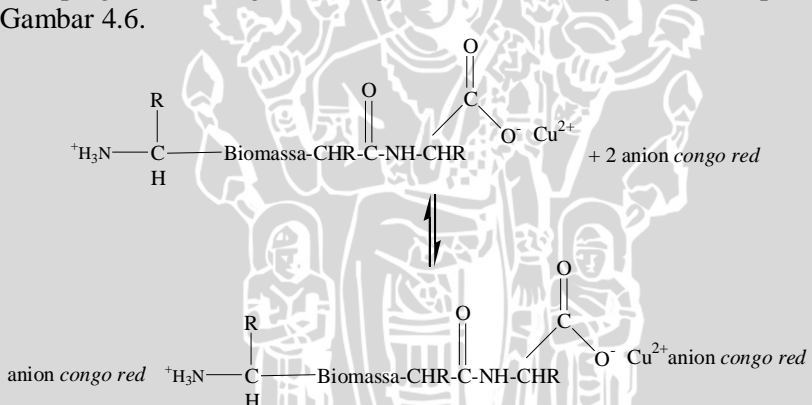
Keterangan: (1) Hasil penelitian Putri (2010) menggunakan biomassa *Azolla microphylla* terimpregnasi kromium(III)

(2) Hasil penelitian Alfranita (2010) menggunakan biomassa *Azolla microphylla* terimpregnasi besi(III)

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa kemampuan adsorpsi terbesar terletak pada biomassa yang terimpregnasi kromium(III) dengan peningkatan 2,86 kali dibandingkan dengan

biomassa tanpa impregnasi. Hasil tersebut terjadi karena logam kromium(III) memiliki muatan 3+ sedangkan tembaga(II) memiliki muatan 2+, sehingga logam kromium(III) lebih efektif menutupi muatan negatif biomassa. Sedangkan untuk biomassa terimpregnasi besi(III) terjadi peningkatan sebesar 1,73 kali dibandingkan dengan biomassa tanpa impregnasi. Biomassa yang terimpregnasi besi(III) dibandingkan dengan biomassa terimpregnasi tembaga(II) memiliki peningkatan kemampuan adsorpsi *congo red* yang hampir sama. Hal ini karena jumlah besi(III) yang terimpregnasi dalam biomassa lebih sedikit daripada jumlah tembaga(II) terimpregnasi. Sehingga apabila jumlah besi(III) yang terimpregnasi dalam biomassa memiliki jumlah yang sama dengan jumlah tembaga(II) maka akan memiliki peningkatan kemampuan adsorpsi *congo red* yang lebih besar.

Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa muatan logam yang terimpregnasi dalam biomassa mempengaruhi peningkatan adsorpsi *congo red*. Diduga interaksi antara *Azolla microphylla* yang terimpregnasi tembaga(II) dengan *congo red* terjadi seperti pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Interaksi biomassa *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II) dengan *congo red*

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah disampaikan, dapat disimpulkan bahwa:

1. pH larutan berpengaruh terhadap adsorpsi *congo red* pada adsorben *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II) dan mencapai optimum pada pH 6.
2. Lama pengocokan berpengaruh terhadap adsorpsi *congo red* pada adsorben *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II) dengan lama pengocokan optimum sebesar 150 menit.
3. Jumlah tembaga(II) terimpregnasi berpengaruh terhadap prosentasi adsorpsi *congo red* pada adsorben *Azolla microphylla*. Dengan jumlah tembaga(II) 32,44 mg/g biomassa yang terimpregnasi mampu meningkatkan adsorpsi *congo red* 1,86 kali dibandingkan dengan biomassa tanpa impregnasi.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kapasitas adsorpsi *congo red* oleh biomassa *Azolla microphylla* yang dimodifikasi untuk mengetahui kondisi optimum konsentrasi *congo red* terhadap jumlah biomassa dalam proses adsorpsi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. A., 2009, **Kinetic and Equilibrium Studies for the Biosorption of Cr(VI) from Aqueous Solutions by Potato Peel Waste**, *International Journal of Chemical Engineering Research ISSN 0975- 6442 Volume 1, Number 2*, pp 51-62
- Abdulrasaq, Oyedeji O. dan Osinfade G. Basiru, 2010, **Removal of copper (II), iron (II) and lead (II) ions from Mono-component Simulated Waste Effluent by Adsorption on Coconut Husk**, *African Journal of Environmental Science and Technology Vol. 4(6)*, pp. 382-387
- Acemioglu, B., Metin K., Metin D, M.H. Alma, 2010, **Use of *Aspergillus wentii* for Biosorption of Methylene Blue from Aqueous Solution**, *African Journal of Biotechnology Vol. 9(6)*, pp. 874-881
- Alfranita, Febby, 2010, **Penggunaan Biomassa *Azolla Microphylla* Yang Diimpregnasi Besi (III) Untuk Adsorpsi Zat Warna Congo Red**, Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang
- Avery, S.V., dan J.M., Tobin, 1992, **Mechanisms of strontium uptake by laboratory and brewing strains of *Saccharomyces cerevisiae***, *J. Appl. Environ. Microbiol*, 3883-3894.
- Bouchemal, N. dan F. Addoun. 2009. **Adsorption of dyes from aqueous solution onto activated carbons prepared from date pits: The effect of adsorbents pore size distribution**. *Desalination and Water Treatment*. 7:242–250.
- Caramalau,C., L. Bulgariu, M. Macoveanu, 2009, **Cobalt (II) Removal from Aqueous Solution by Adsorption on Modified Peat Moss**, *Chem. Bull. "POLITEHNICA" Univ.(Timisoara)*, Volume 54 (68)

- Chatterjee, S., Min W. Lee., dan Seung H. Woo, 2010, **Adsorption of Congo red by Chitosan Hidrogel Beads Impregnated with Carbon Nanotubes**, *Bioresource Technology* 101 (2010) 1800–1806
- Das, Subhrajyoti, 2010, **Removal of Congo red Dye onto Coconut (*Cocos nucifera*) Shell and Bael (*Aegle marmelos*) Extracts Using Taguchi Approach**, Department Of Chemical Engineering, National Institute Of Technology, India
- Djojosoewito, S., 2000, **Azolla Pertanian Organik dan Multiguna**, Kanisius, Yogyakarta
- El-Latif, M.M.A., Amal M. Ibrahim, M.F. El-Kady, 2010, **Adsorption Equilibrium, Kinetics and Thermodynamics of Methylene Blue from Aqueous Solutions Using Biopolymer Oak Sawdust Composite**, *Journal of American Science*, 6(6)
- Enghag, Per, 2004, **Encyclopedia of the Elements**, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Germany
- Erban, T. dan Hubert J., 2010, **Determination of pH in regions of the midguts of acaridid mites**, *Journal of Insect Science*, 11pp, 10:42
- Ewing, G. M., 1985, **Instrumental Methods of Chemistry Analysis**, Fourth edition, McGraw-Hill & Co., New York
- Failani, Falah, 2009, **Penggunaan Biomassa *Azolla microphylla* yang Diamobilisasi Pada Matriks Polisilikat Untuk Pengikatan Tembaga(II) Dengan Metode Kolom**, Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang
- Gong R., Zhang X., Liu H., Sun Y. dan Liu B. 2007. **Uptake of cationic dyes from aqueous solution by biosorption onto granular Kohlrabi peel**. *Bioresour Technol* 98:1319–1323.

- Haris, M. R. H., Kathiresan Sathasivam, 2009, **The Removal of Methyl Red from Aqueous Solution Using Banana Pseudostem Fibers**, *American Journal of Applied Sciences* 6 (9): 1690-1700
- Khan, M.M, 1998, **Azolla Agronomi**, Institute of Biological Science of University of The Philipines, Los Bonos
- Kim, T.Y., at al, 2008, **Separation Characteristics of Reactive Orange Dye from Aqueous Solution Using Biosorbent**, *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science, San Francisco, USA*
- Lokeshwari,N. dan Keshava J., 2009, **Biosorption of Heavy Metal (Chromium) Using Biomass**, *Global Journal of Environmental Research* 3 (1): 29-35
- Lumpkin, T.A. dan D.L. Plucnet, 1980, **Azolla Botanyphysiology and Use Green Manure**, Economic Botany West Vilae Tropical Agricultural
- Mahjoub, M. M. Movahendi, dan S. Janitabar-Darzi , 2007, **Photodegradation of congo red in aqueous solution on ZnO as an alternative catalyst to TiO₂**, *Journal Iran Chem. Soc.* 6(3):570-577
- Mittal, Alok, Jyoti M., Arti M., dan V. K. Gupta, 2009, **Adsorptive removal of hazardous anionic dye “Congo red” from wastewater using waste materials and recovery by desorption**, *Journal of Colloid and Interface Science* 340:16–26
- Montgomery, R, L. D. Robert, W. C. Thomas, dan A. S. Arthur, 1993, **Biokimia: Suatu Pendekatan Berorientasi Kasus**, Alih Bahasa oleh M. Ismadi, Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- Nagda, G.K. dan V. S. Ghole, 2008, **Biosorption of Congo red by Hydrogen Peroxide Treated Tendu Waste**, *Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng., 2009, Vol. 6, No. 3, pp. 195-200*

- Othmer D. F., dan Kirk, 1982, **Encyclopedia of Chemical Technology**, Vol.15, John Wiley and Sons Inc., New York
- Pescok, R., Shield, L. D., Cairns, T. dan Mc William, I. G, 1976, **Modern Methods of Chemical Analysis**, 2nd edition, John Wiley & Sons Inc., New York
- Putri,S.E., 2010, **Penggunaan Biomassa *Azolla microphylla* Diimpregnasi Kromium(III) untuk Adsorpsi Zat Warna Anionik Congo red**, *Skripsi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang
- Rajamohan, N., 2009, **Equilibrium Studies on Sorption of an Anionic Dye onto Acid Activated Water Hyacinth Roots**, *African Journal of Environmental Science and Technology Vol.3 (11)*, pp. 399-404
- Ramachandra T.V., Ahalya N., Kanamadi R.D., 2002, **Biosorption: Techniques and Mechanisms**, CES Technical Report 110, http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/biodiversity/pubs/ces_tr/TR110/TR110_TVRCES.pdf, diakses tanggal 16 Mei 2010
- Rao, K.R., K Rhasmi, J Naveegagutna Lavanya Latha and P. Mathin Mohan, 2005, **Bioremediation of Toxic Metal Ions Using Bomass of *Aspergillus fumigatus* from Fermentative Waste**, *Indian Journal of Biotechnology Vol 4*, pp 139-143
- Supurwaningdyah, E., 1999, **Kecernaan in-vitro azolla (*Azolla mycrophylla*, Kaulfuss) pada berbagai tingkat pemupukan fospor dan umur pemanenan yang berbeda**, *Skripsi*, Fakultas Peternakan, Universitas Brawijaya, Malang.
- Suryati, Lilik, 2007, **Pemisahan Kromium(III) Dari Media Air Menggunakan Biomassa *Azolla pinnata* Yang Diamobilisasi Pada Matriks Polisilikat**, Universitas Brawijaya, Malang.

Syukri, S., 1999, **Kimia Dasar 3**, Penerbit ITB, Bandung

Wierzba, Slawomir, 2010, **Heavy Metals Biosorption From Aqueous Solution by *Pseudomonas* sp. G1**, *Proceedings of ECOpole Vol. 4, No. 1*

Xiaomin Li, Yanru Tang, Xiuju Cao, Dandan Lu, Fang Luo, Wenjing Shao, 2008, **Preparation and Evaluation of Orange Peel Cellulose Adsorbents for Effective Removal of Cadmium, Zinc, Cobalt and Nickel**, *Physicochem. Eng. Aspects* 317 (2008) 512-521

Yermihayu, Z., I. Lapides dan S. Yariv, 2006, **Thermo-visible-absorption Spectroscopy Study of the Protonated Congo-red Montmorillonite Complex**, Department of Inorganic and Analytical Chemistry, The Hebrew University of Jerusalem, Jerusalem



Lampiran 1

L.1 Perhitungan dan Pembuatan Larutan Tembaga(II)

L.1.1 Perhitungan dan pembuatan 250 mL larutan tembaga(II) 1400 mg/L

$$\text{BA Cu(II)} = 63,54 \text{ gram/mol}$$

$$\text{BM Cu(II)} = 241,608 \text{ gram/mol}$$

$$\begin{aligned} 1400 \text{ ppm Cu(II)} &= \frac{x \text{ mg}}{0,25 \text{ L}} \\ x &= 1400 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,25 \text{ L} \\ x &= 350 \text{ mg} \end{aligned}$$

Sehingga $\text{Cu(NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ yang ditimbang adalah:

$$\text{Berat Cu(II)} = \frac{\text{BA Cu}}{\text{BM Cu(NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} \times \text{berat Cu(NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$$

$$350 \text{ mg} = \frac{63,54}{241,608} \times \text{berat Cu(NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$$

$$\text{Berat Cu(NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O} = \frac{350 \text{ mg} \times 241,608}{63,54}$$

$$\text{Berat Cu(NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O} = 1330,85930 \text{ mg} = 1,33085930 \text{ gram}$$

Sebanyak 1,3308 gram $\text{Cu(NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ dilarutkan dengan akuades dalam gelas beaker, kemudian dimasukkan dalam labu takar 250 mL, ditambahkan 1,5 mL HNO_3 pekat dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas.

L.1.2 Perhitungan dan pembuatan 500 mL larutan tembaga (II) 1000 mg/L

$$\text{BA Cu(II)} = 63,54 \text{ gram/mol}$$

$$\text{BM Cu(NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O} = 241,608 \text{ gram/mol}$$

$$\begin{aligned} 1000 \text{ ppm Cu(II)} &= \frac{x \text{ mg}}{0,5 \text{ L}} \\ x &= 1000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,5 \text{ L} \\ x &= 500 \text{ mg} \end{aligned}$$

Sehingga $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ yang ditimbang adalah:

$$\text{Berat Cu} = \frac{\text{Ar Cu}}{\text{Mr Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}} \times \text{berat Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$$

$$500 \text{ mg} = \frac{63,54}{241,608} \times \text{berat Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$$

$$\text{Berat Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O} = \frac{500 \text{ mg} \times 241,608}{63,54}$$

$$\text{Berat Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O} = 1901,2276 \text{ mg} = 1,901 \text{ gram}$$

Sebanyak 1,9 gram $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ dilarutkan dengan akuades dalam gelas beaker, kemudian dimasukkan dalam labu takar 500 mL, ditambahkan 1,5 mL HNO_3 pekat dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas.

L.1.3 Perhitungan dan pembuatan larutan tembaga(II) berbagai konsentrasi untuk impregnasi

Larutan Tembaga (II) 200 mg/L dibuat dari larutan stok 1000 mg/L dengan perhitungan:

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

$$1000 \text{ mg/L} \times V_1 = 200 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{200 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{1000 \text{ mg/L}}$$

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

Sebanyak 10 mL larutan tembaga(II) 1000 mg/L dipipet dan diatur pada pH 5, kemudian dimasukkan ke dalam labu takar 50 mL dan diencerkan dengan buffer pH 5 sampai tanda batas. Larutan tembaga(II) dengan berbagai konsentrasi, perhitungan dan persiapannya sama dengan pembuatan larutan tembaga(II) 200 mg/L dari larutan stok 1000 mg/L.

Tabel L.1.1 Pembuatan larutan tembaga(II) dengan berbagai konsentrasi

[Cu(II)] awal (mg/L)	Volume awal (mL)	[Cu(II)] akhir (mg/L)	Volume akhir (mL)
1000	10	100	100
1000	20	400	50
1000	40	800	50
1400	35,71	1000	50
1400	42,85	1200	50

L.1.4 Pembuatan larutan standar tembaga(II)

Larutan standar tembaga(II) 2,4,6,8 dan 10 mg/L dibuat dari larutan 100 mg/L. Untuk pembuatan larutan tembaga(II) 10 mg/L sebanyak 100 mL dengan perhitungan:

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

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

$$V_1 = \frac{100 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}}{10 \text{ mg/L}}$$

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

Sebanyak 10 mL larutan tembaga(II) 100 mg/L dipipet dan dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL, kemudian diencerkan dengan akuades sampai tanda batas. Larutan tembaga(II) dengan konsentrasi 2, 4, 6, 8 mg/L perhitungan dan persiapannya sama dengan pembuatan larutan tembaga(II) 10 mg/L.

Tabel L.1.2 Pembuatan larutan tembaga(II)

[Cu(II)] awal (mg/L)	Volume awal (mL)	[Cu(II)] akhir (mg/L)	Volume akhir (mL)
100	10	10	100
10	40	8	50
10	30	6	50
10	20	4	50
10	10	2	50

Lampiran 2

L.2 Perhitungan dan Pembuatan Larutan *congo red*

L.2.1 Pembuatan larutan *congo red* 1000 mg/L

Untuk membuat 1000 mL larutan *congo red* 1000 mg/L, maka ditimbang 1000 mg padatan *congo red*. Kemudian dilarutkan dalam beker gelas dengan sedikit akuades dimasukkan dalam labu ukur 1000 mL kemudian diencerkan dengan akuades sampai tanda batas.

L.2.2 Perhitungan dan pembuatan larutan *congo red* 100 mg/L dengan pH 4, 5, 6 dan 7

Larutan *congo red* 100 mg/L dibuat dari larutan stok 1000 mg/L dengan perhitungan:

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

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

$$V_1 = \frac{100 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}}{1000 \text{ mg/L}}$$

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

Sebanyak 10 mL larutan *congo red* 1000 mg/L dipipet ke dalam gelas beker 50 mL, diatur pada pH 4 dan dimasukkan dalam labu ukur 100 mL kemudian diencerkan dengan larutan pH 4 sampai tanda batas. Larutan *congo red* 100 mg/L dengan pH 5, 6 dan 7 diperlakukan sama dengan pembuatan larutan *congo red* 100 mg/L pH 4.

L.2.3 Perhitungan dan pembuatan larutan standar *congo red* pada pH optimum pengukuran

Larutan standar *congo red* 2,4,6, 8 dan 10 mg/L dibuat dari larutan *congo red* 100 mg/L.

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

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

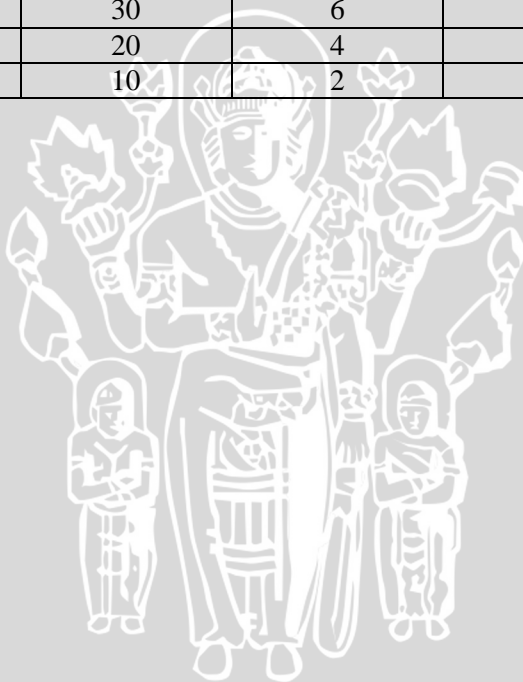
$$V_1 = \frac{10 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}}{1000 \text{ mg/L}}$$

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

Sebanyak 10 mL larutan *congo red* 100 mg/L dipipet ke dalam gelas beker 100 mL, diatur pada pH optimum pengukuran dan dimasukkan dalam labu ukur 100 mL kemudian diencerkan dengan larutan pH (pH optimum pengukuran) sampai tanda batas. Larutan *congo red* 2, 4, 6 dan 8 mg/L perhitungan dan persiapannya sama dengan pembuatan larutan *congo red* 10 mg/L.

Tabel L.2.1 Pembuatan larutan *congo red*

[Cu(II)] awal (mg/L)	Volume awal (mL)	[Cu(II)] akhir (mg/L)	Volume akhir (mL)
100	10	10	100
10	40	8	50
10	30	6	50
10	20	4	50
10	10	2	50



Lampiran 3

L.3 Perhitungan dan Pembuatan Buffer Asetat pH 5 dan Larutan HCl Berbagai Konsentrasi

L.3.1 Perhitungan dan pembuatan 500 mL larutan CH₃COOH 0,1 M

$$\begin{aligned}\text{Mol CH}_3\text{COOH} &= M \times V \\ &= 0,1 \text{ mol/L} \times 0,5 \text{ L} \\ &= 0,05 \text{ mol} \\ \text{Massa CH}_3\text{COOH} &= \text{mol} \times \text{BM} \\ &= 0,05 \text{ mol} \times 60,05 \text{ g/mol} \\ &= 3,0025 \text{ gram} \\ \text{volume CH}_3\text{COOH} &= \frac{\text{massa}}{\% \times \text{bj}} \\ &= \frac{3,0025 \text{ gram}}{100\% \times 1,05 \text{ g/mL}} \\ &= 2,859 \text{ mL}\end{aligned}$$

Pembuatan 500 mL larutan CH₃COOH 0,1 M dengan cara dipipet 2,859 mL larutan CH₃COOH glasial, dimasukkan dalam labu ukur 500 mL, kemudian diencerkan dengan akuades sampai tanda batas.

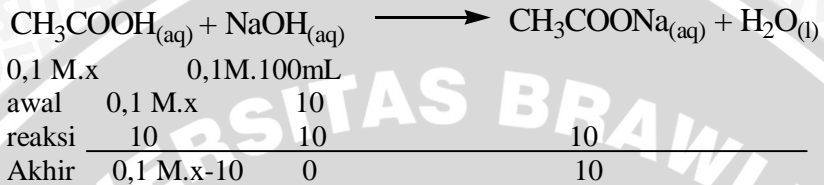
L.3.2 Perhitungan dan pembuatan larutan NaOH 0,1M

$$\begin{aligned}\text{Mol NaOH} &= M \times V \\ &= 0,1 \text{ mol/L} \times 0,1 \text{ L} \\ &= 0,01 \text{ mol} \\ \text{Massa NaOH} &= \text{mol} \times \text{Mr} \\ &= 0,01 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} \\ &= 0,4 \text{ g}\end{aligned}$$

Pembuatan NaOH 0,1 M dengan cara ditimbang sebanyak 0,4 g padatan NaOH dimasukkan ke dalam beker gelas dan dilarutkan dengan sedikit akuades, larutan dimasukkan labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas.

L.3.3 Perhitungan dan pembuatan larutan buffer asetat pH 5

Larutan buffer pH 5 dibuat dari campuran larutan CH_3COOH 0,1 M dengan larutan NaOH 0,1 M. Dalam 100 mL NaOH 0,1 M CH_3COOH yang dibutuhkan adalah:



Rumus perhitungan buffer pH 5 adalah:

$$\begin{aligned} \text{pH} &= \text{pKa } \text{CH}_3\text{COOH} + \log \frac{[\text{CH}_3\text{COONa}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \\ \log \frac{[\text{CH}_3\text{COONa}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} &= \text{pH} - \text{pKa } \log \text{CH}_3\text{COOH} \\ &= 5,00 - 4,74 \\ \frac{[\text{CH}_3\text{COONa}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} &= 10^{0,26} = 1,82 \end{aligned}$$

Jadi larutan CH_3COOH 0,1 M yang dibutuhkan sebanyak:

$$\begin{aligned} 1,82 &= \frac{10}{(0,1x - 10)} \\ 0,182x - 18,2 &= 10 \\ x &= \frac{28,2}{0,182} \\ x &= 155 \end{aligned}$$

Sebanyak 155 mL larutan CH_3COOH 0,1 M ditambahkan pada 100 mL larutan NaOH 0,1 M.

L.3.4 Perhitungan dan pembuatan larutan HCl berbagai konsentrasi

Pembuatan larutan HCl 1 M dalam 100 mL

$$\begin{aligned}\text{Mol HCl} &= M \times V \\ &= 1 \text{ mol/L} \times 0,1 \text{ L} \\ &= 0,1 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa HCl} &= \text{mol} \times M_r \\ &= 0,1 \text{ mol} \times 36,46 \text{ g/mol} \\ &= 3,646 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume HCl} &= \frac{\text{massa}}{\% \times \text{bj}} \\ &= \frac{3,646 \text{ gram}}{0,37 \times 1,19 \text{ g/mL}} = 8,3 \text{ mL}\end{aligned}$$

Jadi HCl yang dipipet adalah 8,3 mL yang kemudian dimasukkan labu ukur 100 mL dan ditambah akuades hingga tanda batas.

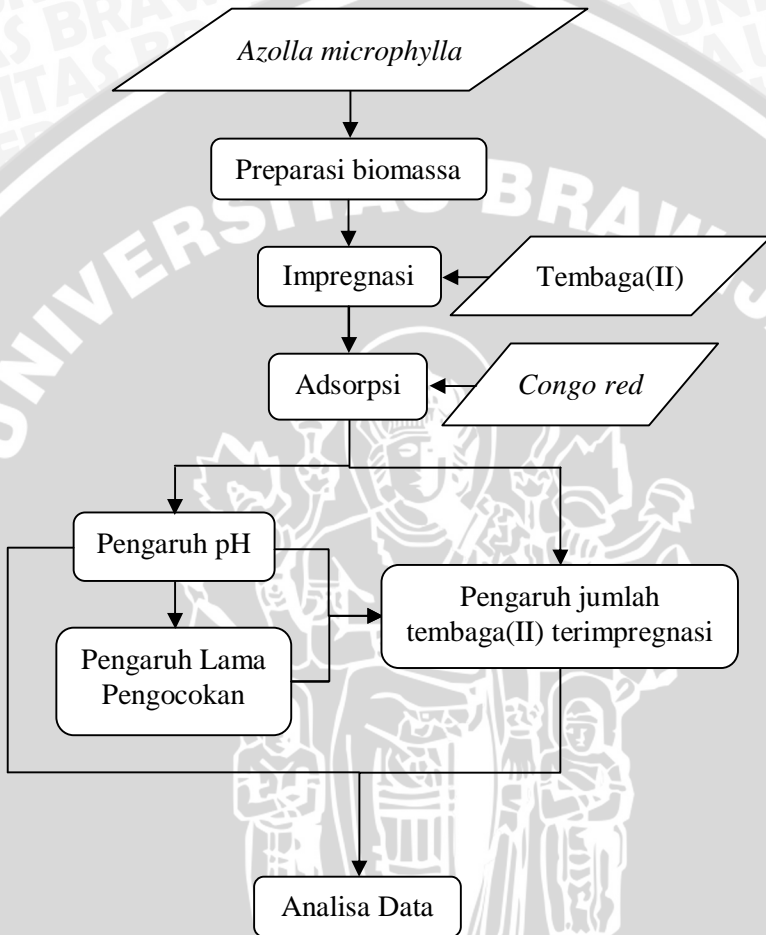
Selanjutnya untuk membuat HCl 0,1 M dilakukan pengenceran dari larutan HCl 1 M

$$\begin{aligned}M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\ 1 \text{ M} \times V_1 &= 0,1 \text{ M} \times 100 \text{ mL} \\ V_1 &= \frac{0,1 \text{ M} \times 100 \text{ mL}}{1 \text{ M}} \\ V_1 &= 10 \text{ mL}\end{aligned}$$

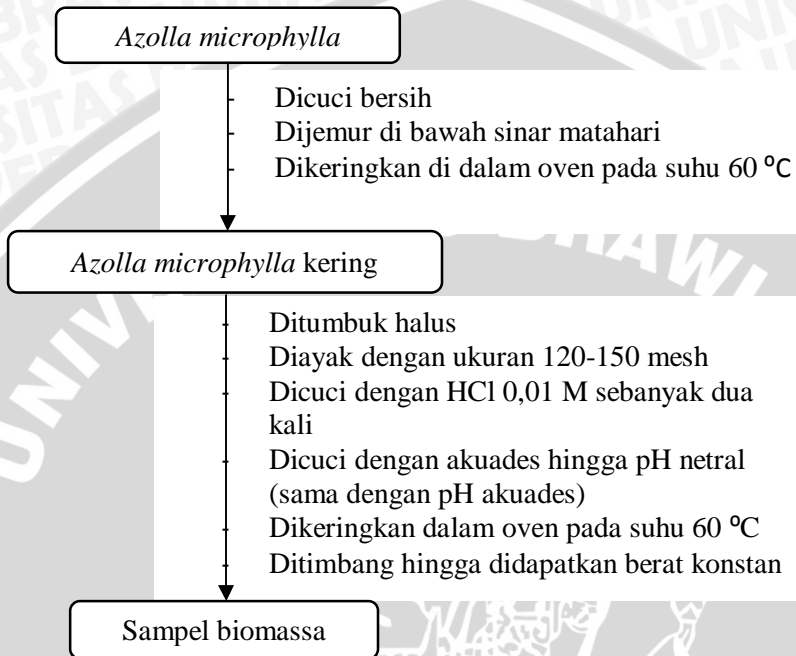
Sebanyak 10 mL larutan HCl 1 M dimasukkan dalam labu ukur 100 mL dan ditambah dengan akuades sampai tanda batas.

Dan untuk pembuatan larutan HCl 0,01 M dilakukan dengan perhitungan dan pembuatan yang sama dengan pembuatan larutan HCl 0,1 M. pembuatan larutan HCl 0,01M dari 0,1M dalam 100 mL dibuat dengan memipet 10 mL dari larutan HCl 0,1M dan dimasukkan dalam labu takar 100 mL dan ditambah akuades sampai tanda batas.

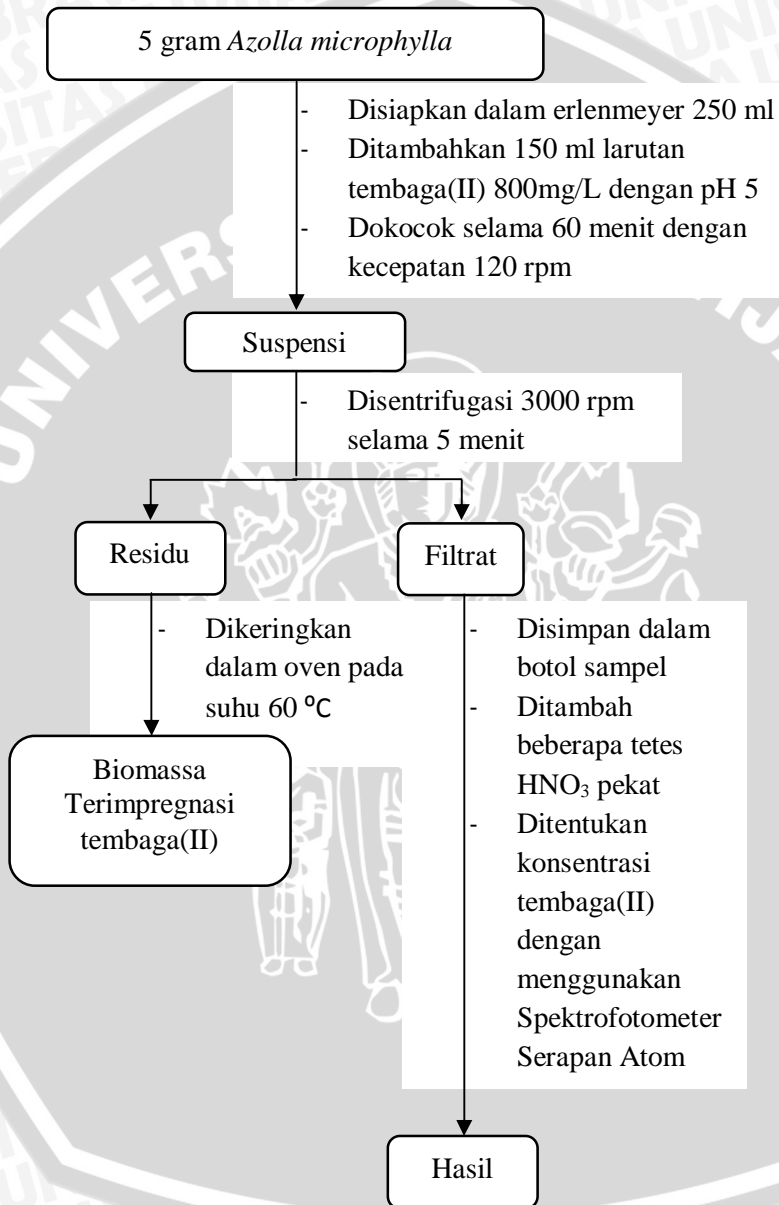
Lampiran 4
L.4 Diagram Alir Penelitian



L.4.1 Preparasi adsorben *Azolla microphylla*

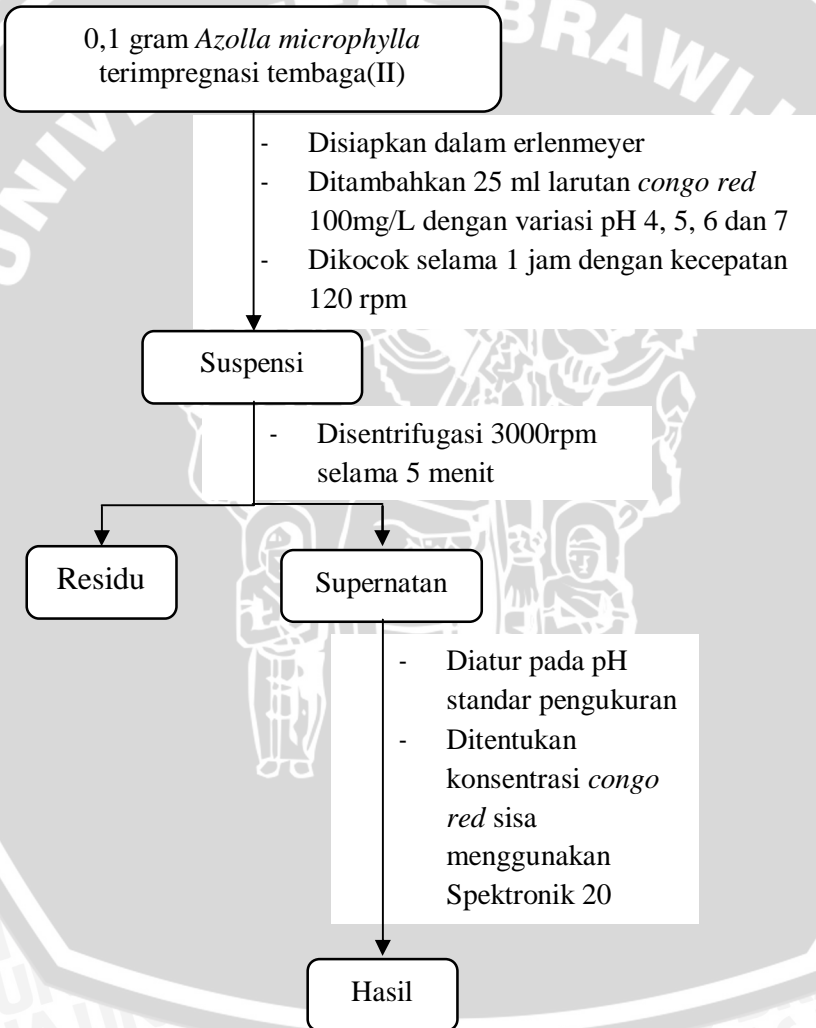


L.4.2 Impregnasi tembaga(II) ke dalam biomassa *Azolla microphylla*

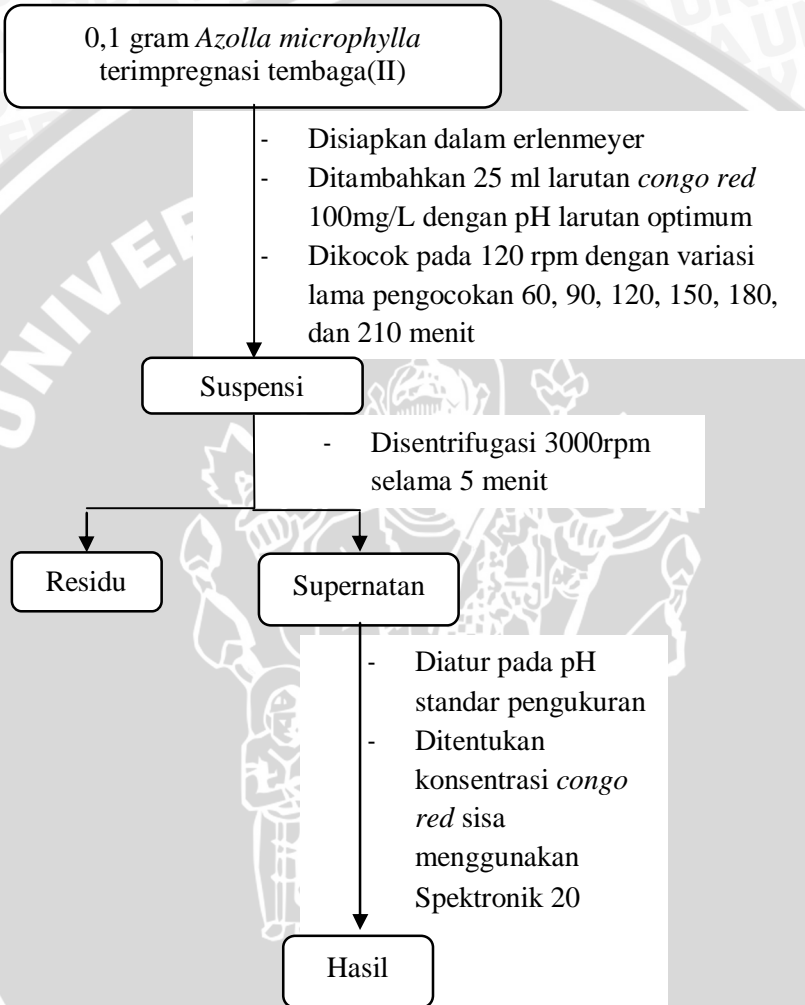


Hal yang sama dilakukan untuk impregnasi konsentrasi tembaga(II) 400, 1000, 1200, dan 1400 mg/L. Namun hanya diimpregnasi ke dalam 1 g biomassa dengan 30 mL larutan tembaga(II) pH 5 konsentrasi 400, 1000, 1200, dan 1400 mg/L.

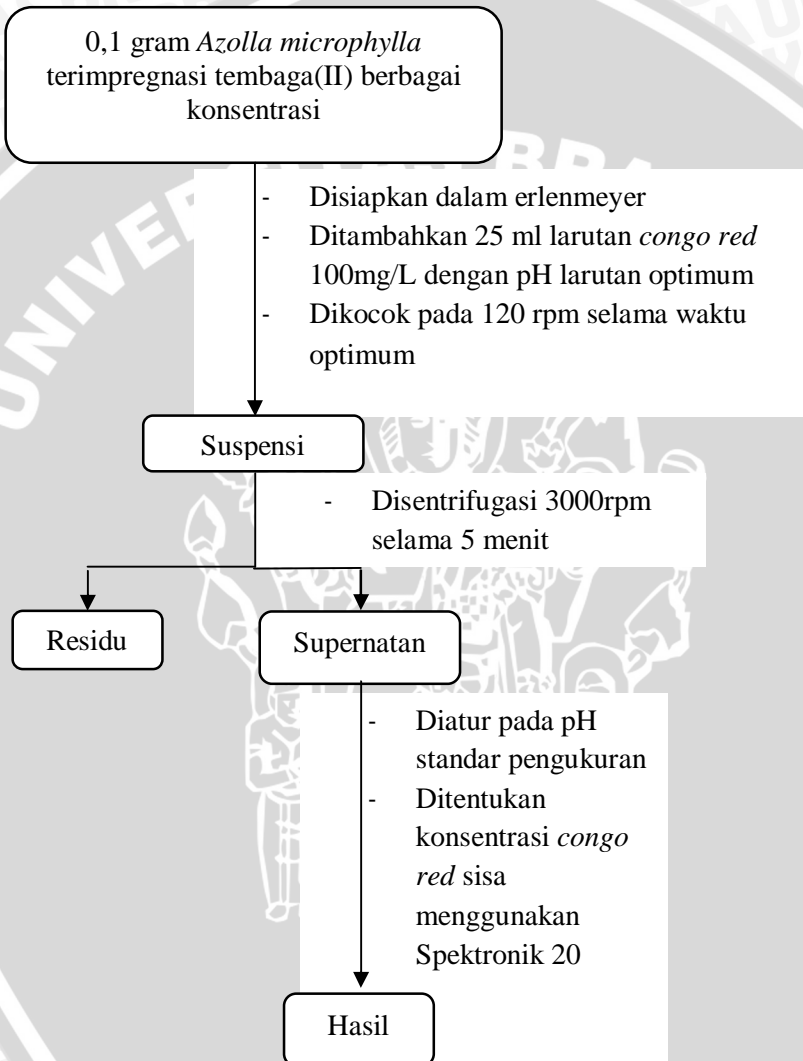
L.4.3 Penentuan Pengaruh pH larutan terhadap adsorpsi *congo red* oleh biomassa *Azolla microphylla* yang terimpregnasi tembaga(II)



L.4.4 Penentuan pengaruh lama pengocokan terhadap adsorpsi *congo red* oleh biomassa *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II)



L.4.5 Penentuan pengaruh jumlah tembaga(II) terimpregnasi dalam biomassa *Azolla microphylla* untuk adsorpsi *congo red*



Lampiran 5

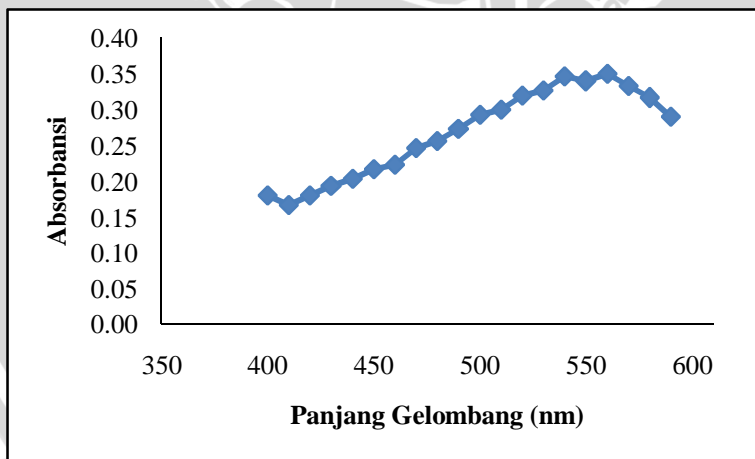
L.5 Penentuan pH Pengukuran *congo red*

Larutan *congo red* dengan konsentrasi tertentu diukur pada range panjang gelombang 400-590 nm dengan berbagai variasi pH menggunakan Spektronik 20.

L.5.1 Pengukuran *congo red* 10 mg/L pH 4

Tabel L.5.1 Data pengukuran *congo red* 10 mg/L pH 4

λ (nm)	A	λ (nm)	A
400	0,18	500	0,29
410	0,17	510	0,30
420	0,18	520	0,32
430	0,19	530	0,33
440	0,20	540*	0,35*
450	0,22	550	0,34
460	0,22	560	0,35
470	0,25	570	0,33
480	0,26	580	0,32
490	0,27	590	0,29

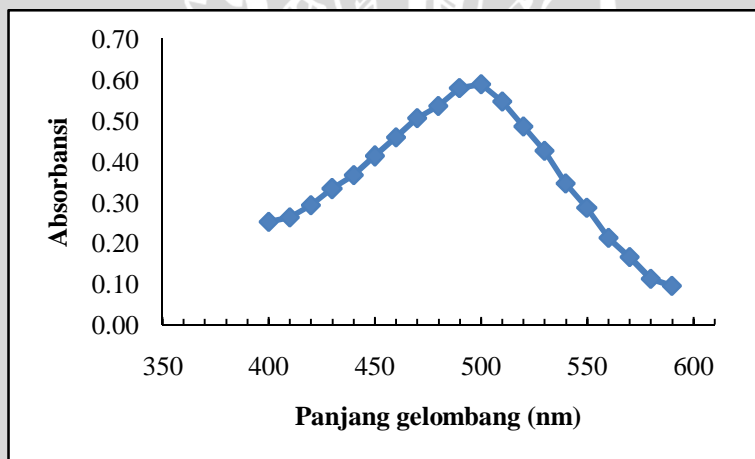


Gambar L.5.1 Penentuan λ optimum *congo red* pada pH 4

L.5.2 Pengukuran *congo red* 10 mg/L pH 5

Tabel L.5.2 Data pengukuran *congo red* 10 mg/L pH 5

λ (nm)	A	λ (nm)	A
400	0,25	500*	0,59*
410	0,26	510	0,55
420	0,29	520	0,49
430	0,33	530	0,43
440	0,37	540	0,35
450	0,41	550	0,29
460	0,46	560	0,21
470	0,51	570	0,17
480	0,54	580	0,11
490	0,58	590	0,10

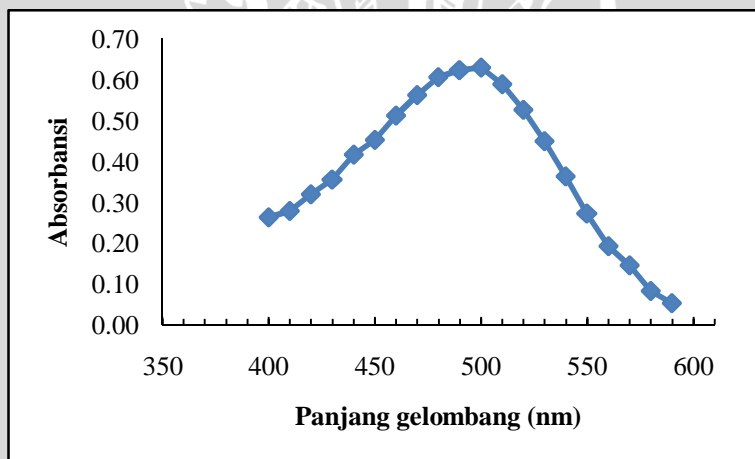


Gambar L.5.2 Penentuan λ optimum *congo red* pada pH 5

L.5.3 Pengukuran *congo red* 10 mg/L pH 6

Tabel L.5.3 Data pengukuran *congo red* 10 mg/L pH 6

λ (nm)	A	λ (nm)	A
400	0,26	500*	0,63*
410	0,28	510	0,59
420	0,32	520	0,53
430	0,36	530	0,45
440	0,42	540	0,36
450	0,45	550	0,27
460	0,51	560	0,19
470	0,56	570	0,15
480	0,61	580	0,08
490	0,62	590	0,05

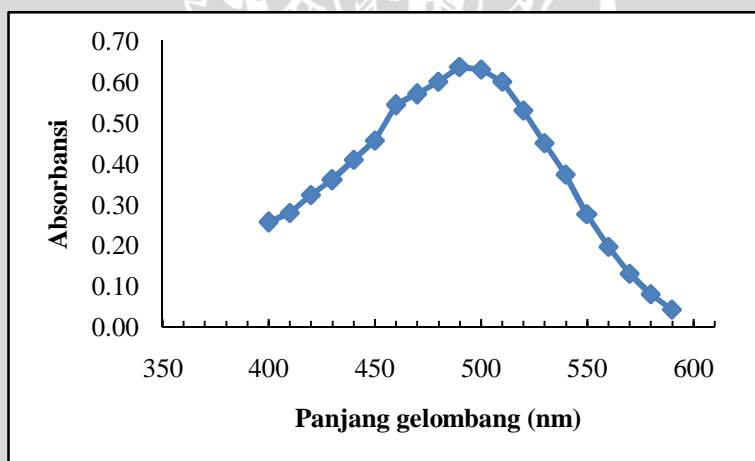


Gambar L.5.3 Penentuan λ optimum *congo red* pada pH 6

L.5.4 Pengukuran *congo red* 10 mg/L pH 7

Tabel L.5.4 Data pengukuran *congo red* 10 mg/L pH 7

λ (nm)	A	λ (nm)	A
400	0,26	500*	0,63*
410	0,28	510	0,60
420	0,32	520	0,53
430	0,36	530	0,45
440	0,41	540	0,37
450	0,46	550	0,28
460	0,54	560	0,20
470	0,57	570	0,13
480	0,60	580	0,08
490	0,63	590	0,04

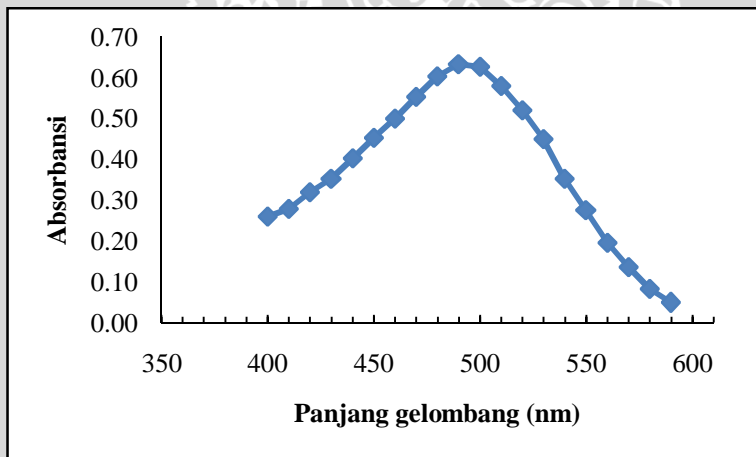


Gambar L.5.4 Penentuan λ optimum *congo red* pada pH 7

L.5.5 Pengukuran *congo red* 10 mg/L pH 8

Tabel L.5.5 Data pengukuran *congo red* 10 mg/L pH 8

λ (nm)	A	λ (nm)	A
400	0,26	500*	0,63*
410	0,28	510	0,58
420	0,32	520	0,52
430	0,35	530	0,45
440	0,40	540	0,35
450	0,45	550	0,28
460	0,50	560	0,20
470	0,55	570	0,14
480	0,60	580	0,08
490	0,63	590	0,05



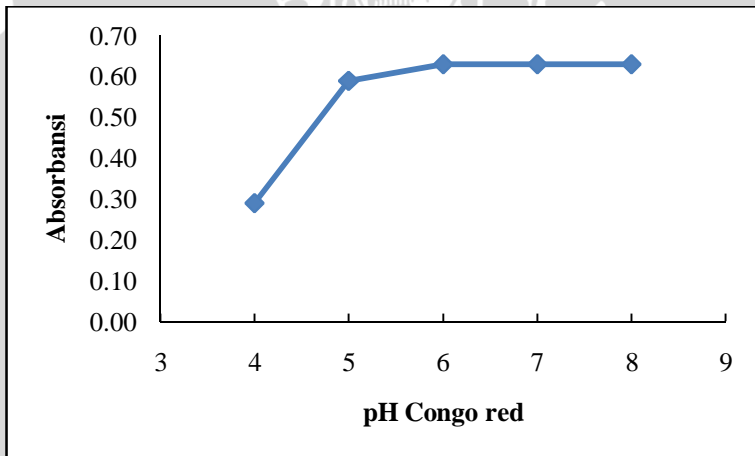
Gambar L.5.5 Penentuan λ optimum *congo red* pada pH 8

L.5.6 Penentuan pH pengukuran *congo red*

Penentuan pH pengukuran ditentukan dengan membandingkan besarnya absorbansi pada *congo red* 10 mg/L berbagai pH pada $\lambda = 500$ nm.

Tabel L.5.6 Data absorbansi *congo red* 10 mg/L berbagai pH pada $\lambda = 500$ nm

pH <i>Congo red</i>	A
4	0,29
5	0,59
6	0,63
7	0,63
8	0,63



Gambar L.5.6 Penentuan pH pengukuran *congo red*

Lampiran 6

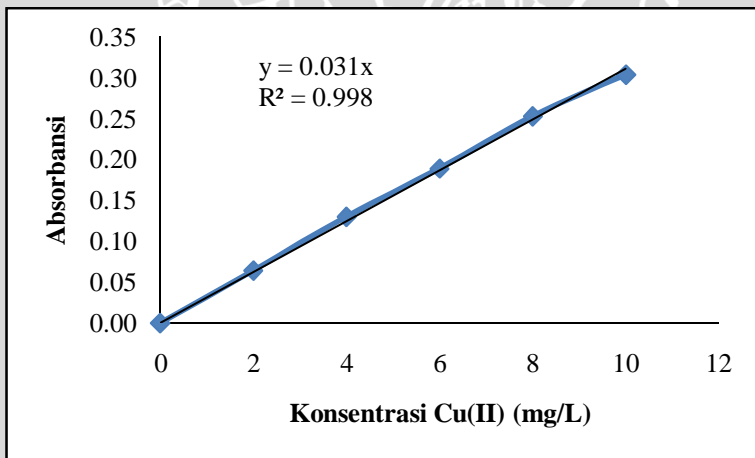
L.6 Pembuatan Kurva Baku

L.6.1 Pembuatan kurva baku tembaga(II) menggunakan SSA

Beberapa larutan standar tembaga(II) dengan konsentrasi 2, 4, 6, 8 dan 10 mg/L diukur absorbansinya dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom. Setelah itu dibuat kurva baku hubungan konsentrasi (sumbu X) dengan absorbansi (sumbu Y).

Tabel L.6.1 Perhitungan regresi kurva baku tembaga(II)

No	Konsentrasi (mg/L)	A	X ²	Y ²	XY
1	0	0,0000	0	0,00000	0,00000
2	2	0,0642	4	0,00412	0,12840
3	4	0,1300	16	0,01690	0,52000
4	6	0,1889	36	0,03568	1,13340
5	8	0,2529	64	0,06396	2,02320
6	10	0,3038	100	0,09229	3,03800
Total			220	0,21296	6,84300



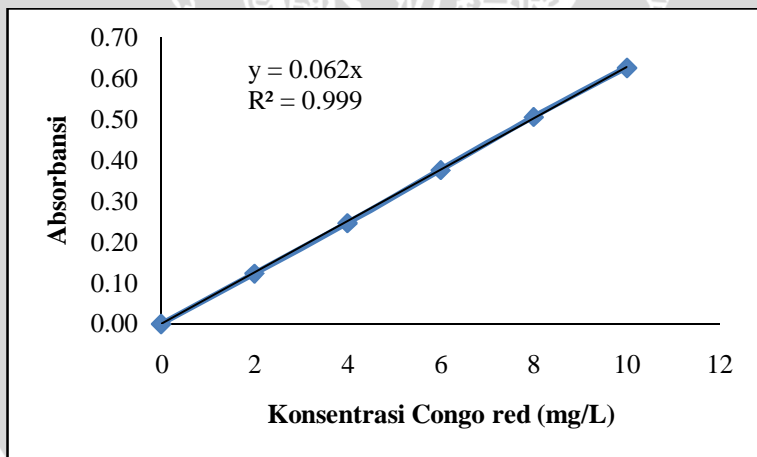
Gambar L.6.1 Grafik kurva baku larutan standar tembaga(II) menggunakan SSA

L.6.2 Pembuatan kurva baku *congo red* menggunakan Spektronik 20

Sederetan larutan standar *congored* dengan konsentrasi 2, 4, 6, 8, dan 10 mg/L pada pH 6 diukur absorbansinya dengan menggunakan Spektronik 20 pada panjang gelombang maksimum 500 nm. Setelah itu dibuat kurva baku hubungan konsentrasi (sumbu X) dengan absorbansi (sumbu Y).

Tabel L.6.1 Perhitungan regresi kurva baku *congo red*

No	Konsentrasi (mg/L)	A	X ²	Y ²	XY
1	0	0,00	0	0,0000	0,0000
2	2	0,12	4	0,0144	0,2400
3	4	0,25	16	0,0625	1,0000
4	6	0,38	36	0,1444	2,2800
5	8	0,51	64	0,2601	4,0800
6	10	0,63	100	0,3969	6,3000
Total			220	0,8783	13,9000



Gambar L.6.2 Grafik kurva baku larutan standar *congo red* menggunakan Spektronik 20

Lampiran 7

L.7 Data Hasil Penelitian

L.7.1 Penentuan jumlah tembaga(II) yang terimpregnasi dalam biomassa *Azolla microphylla*

Penentuan jumlah tembaga(II) terimpregnasi dilakukan pengukuran dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom. Persamaan regresi kurva baku tembaga(II) adalah $y = 0,031x$.

Tabel L.7.1 Data penentuan jumlah tembaga(II) yang terimpregnasi dalam biomassa *Azolla microphylla*

Konsentrasi Cu(II) awal (mg/L)	Abs	fp	Cu(II) setelah adsorpsi (mg/L)	Jumlah Cu(II) terimpregnasi (mg/g)
400	0,2986	5	48,16	10,56
800	0,1496	5	24,13	23,28
1000	0,1571	50	253,39	22,40
1200	0,2409	50	388,55	24,34
1400	0,1975	50	318,55	32,44

Contoh perhitungan:

$$C_o = 200$$

$C_s = C$ terukur \times fp, dilakukan dengan memplotkan nilai absorbansi ke dalam persamaan kurva baku tembaga(II) dengan y sebagai absorbansi dan x sebagai konsentrasi.

Persamaan kurva baku $y = 0,031x$

C terukur = $0,1175 / 0,031 = 3,79$ mg/L sehingga

$$C_s = 3,79 \text{ mg/L} \times 5 = 18,95 \text{ mg/L}$$

Volume tembaga(II) = 30 mL dan biomassa = 1 g

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Cu}^{2+} &= \frac{(C_o - C_s)}{m} \times V \\ &= \frac{(400 - 18,95) \text{ mg/L}}{1 \text{ g}} \times 30 \text{ mL} \times 10^{-3} \text{ L/mL} \\ &= 10,56 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

Untuk impregnasi tembaga(II) 800 mg/L, volume larutan 150 mL dengan massa biomassa 5 g.

L.7.2 Data penentuan pengaruh pH larutan terhadap adsorpsi *congo red* oleh biomassa *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II)

Persamaan kurva baku congo red adalah $y = 0,062x$. Pengukuran dilakukan pada pH optimum yaitu pH 6. Preparasi sampel dilakukan dengan faktor pengenceran 10. Sampel sisa setelah adsorpsi dipipet 5 ml dengan menggunakan pipet volume. Selanjutnya diatur pada pH 6 dan dimasukkan dalam labu takar 50 ml. Diencerkan dengan larutan pH 6 sampai tanda batas kemudian dikocok. Sampel diukur dengan menggunakan Spektronik 20 pada panjang gelombang maksimum 500 nm.

Tabel L.7.2 Data pengaruh pH larutan terhadap adsorpsi *congo red* oleh biomassa *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II)

pH Awal	pH Pengukuran	[Congo red] awal (mg/L)	A	fp	[Congo red] sisa setelah adsorpsi (mg/L)	% adsorpsi	Rataan % adsorpsi
4	6	100	0,54	10	87,10	12,90	13,44 ± 0,93
		100	0,53	10	85,48	14,52	
		100	0,54	10	87,10	12,90	
5	6	100	0,54	10	87,10	12,90	13,98 ± 0,93
		100	0,53	10	85,48	14,52	
		100	0,53	10	85,48	14,52	
6	6	100	0,52	10	83,87	16,13	17,74 ± 1,61
		100	0,51	10	82,26	17,74	
		100	0,50	10	80,65	19,35	
7	6	100	0,54	10	87,10	12,90	12,90 ± 1,61
		100	0,55	10	88,71	11,29	
		100	0,53	10	85,48	14,52	

Contoh perhitungan :

Konsentrasi terukur dengan memplotkan nilai absorbansi ke dalam persamaan kurva baku, dimana y sebagai absorbansi dan x sebagai konsentrasi terukur.

Absorbansi = 0,54; $y = 0,062x$

Konsentrasi (C) terukur = $0,54/0,062 = 8,71$

$$C_s = C \text{ terukur} \times f_p \\ = 8,71 \times 10 = 87,10$$

$$\% \text{ adsorpsi congo red} = \frac{(C_o - C_s)}{C_o} \times 100\% \\ = \frac{(100 - 87,10)}{100} \times 100\% \\ = 12,90\%$$

Untuk perhitungan standar deviasi untuk setiap variasi pH awal adalah:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \\ SD = \sqrt{\frac{(12,90^2 + 14,52^2 + 12,90^2) - \frac{(12,90 + 14,52 + 12,90)^2}{3}}{3-1}} \\ = 0,93$$

L.7.3 Data pengaruh lama pengocokan terhadap adsorpsi *congo red* oleh biomassa *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II)

Persamaan kurva baku congo red adalah $y = 0,062x$. Pengukuran dilakukan pada pH optimum yaitu pH 6. Preparasi sampel dilakukan dengan faktor pengenceran 10. Sampel sisa setelah adsorpsi dipipet 5 ml dengan menggunakan pipet volume. Selanjutnya diatur pada pH 6 dan dimasukkan dalam labu takar 50 ml. Diencerkan dengan larutan pH 6 sampai tanda batas kemudian dikocok. Sampel diukur dengan menggunakan Spektronik 20 pada panjang gelombang maksimum 500 nm.

Untuk perhitungan penentuan konsentrasi *congo red* sisa adsorpsi, % *congo red* teradsorpsi dan standar deviasi sama dengan perhitungan L.7.2.

Tabel L.7.3 Data pengaruh lama pengocokan terhadap adsorpsi *congo red* oleh biomassa *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II)

Lama Pengocokan (menit)	[Congo red] Awal (mg/L)	A	fp	[Congo red] sisa setelah adsorpsi (mg/L)	% adsorpsi	Rataan % adsorpsi
60	100	0,55	10	88,71	11,29	11,83 ± 0,93
	100	0,54	10	87,10	12,90	
	100	0,55	10	88,71	11,29	
90	100	0,54	10	87,10	12,90	11,83 ± 0,93
	100	0,55	10	88,71	11,29	
	100	0,55	10	88,71	11,29	
120	100	0,55	10	88,71	11,29	12,37 ± 0,93
	100	0,54	10	87,10	12,90	
	100	0,54	10	87,10	12,90	
150	100	0,52	10	83,87	16,13	19,35 ± 2,79
	100	0,49	10	79,03	20,97	
	100	0,49	10	79,03	20,97	
180	100	0,48	10	77,42	22,58	20,43 ± 2,46
	100	0,51	10	82,26	17,74	
	100	0,49	10	79,03	20,97	
210	100	0,51	10	82,26	17,74	18,28 ± 0,93
	100	0,51	10	82,26	17,74	
	100	0,50	10	80,65	19,35	

L.7.4 Data pengaruh jumlah tembaga(II) yang terimpregnasi terhadap adsorpsi *congo red* oleh biomassa *Azolla microphylla*

Persamaan kurva baku congo red adalah $y = 0,062x$. Pengukuran dilakukan pada pH optimum yaitu pH 6. Preparasi sampel dilakukan dengan faktor pengenceran 10. Sampel sisa setelah adsorpsi dipipet 5 ml dengan menggunakan pipet volume. Selanjutnya diatur pada pH 6 dan dimasukkan dalam labu takar 50 ml. Diencerkan dengan larutan pH 6 sampai tanda batas kemudian

dikocok. Sampel diukur dengan menggunakan Spektrometri 20 pada panjang gelombang maksimum 500 nm.

Perhitungan :

Jumlah Cu(II) terimpregnasi = 5,43 mg/g

Jumlah Cu(II) terimpregnasi dalam mol/g:

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{mg/g}}{\text{BA Cu}} \\ &= \frac{5,43 \text{ mg/g}}{63,54 \text{ g/mol} \times 10^3 \text{ mg/g}} \\ &= 8,55 \times 10^{-5} \text{ mol/g} \end{aligned}$$

Konsentrasi *congo red* teradsorpsi = $C_o - C_s = (100 - 88,71) \text{ mg/L}$
 $= 11,29 \text{ mg/L}$

$$\begin{aligned} \text{Kemampuan adsorpsi} &= \frac{(C_o - C_s)}{m \times M_r} \times V \\ &= \frac{(100 - 88,71) \text{ mg/L}}{0,1 \text{ g} \times 650,6 \text{ g/mol}} \times 25 \text{ mL} \times 10^{-3} \text{ L/mL} \\ &= \frac{0,28225 \text{ mg}}{0,1 \text{ g} \times 10^3 \times 650,6 \text{ g/mol}} \\ &= 4,33843 \times 10^{-6} \text{ mol/g} \end{aligned}$$

L.7.4 Data pengaruh jumlah tembaga(II) terimpregnasi terhadap adsorpsi *congo red* oleh biomassa

Jumlah Cu(II) Terimpregnasi		[Congo red] awal (mg/L)	A	fp	[Congo red] sisa setelah adsorpsi (mg/L)	% adsorpsi	Rataan % adsorpsi	Kemampuan adsorpsi (mol/g)	Rataan kemampuan adsorpsi
mg/g	mmol/g								
0	0	100	0,55	10	88,71	11,29	11,83 ± 0,93	4,33843 x 10 ⁻⁶	4,54502 x 10 ⁻⁶
		100	0,54	10	87,10	12,90		4,9582 x 10 ⁻⁶	
		100	0,55	10	88,71	11,29		4,33843 x 10 ⁻⁶	
10,56	0,166	100	0,56	10	90,32	9,68	12,37 ± 2,46	3,71865 x 10 ⁻⁶	4,75161 x 10 ⁻⁶
		100	0,54	10	87,10	12,90		4,9582 x 10 ⁻⁶	
		100	0,53	10	85,48	14,52		5,57798 x 10 ⁻⁶	
22,40	0,353	100	0,52	10	83,87	16,13	16,13 ± 1,61	6,19775 x 10 ⁻⁶	6,19775 x 10 ⁻⁶
		100	0,51	10	82,26	17,74		6,81753 x 10 ⁻⁶	
		100	0,53	10	85,48	14,52		5,57798 x 10 ⁻⁶	
23,28	0,366	100	0,52	10	83,87	16,13	19,35 ± 2,79	6,19775 x 10 ⁻⁶	7,4373 x 10 ⁻⁶
		100	0,49	10	79,03	20,97		8,05708 x 10 ⁻⁶	
		100	0,49	10	79,03	20,97		8,05708 x 10 ⁻⁶	
24,34	0,383	100	0,49	10	79,03	20,97	19,89 ± 1,86	8,05708 x 10 ⁻⁶	7,6439 x 10 ⁻⁶
		100	0,51	10	82,26	17,74		6,81753 x 10 ⁻⁶	
		100	0,49	10	79,03	20,97		8,05708 x 10 ⁻⁶	
32,44	0,511	100	0,46	10	74,19	25,81	22,04 ± 5,18	9,9164 x 10 ⁻⁶	8,47026 x 10 ⁻⁶
		100	0,52	10	83,87	16,13		6,19775 x 10 ⁻⁶	
		100	0,47	10	75,81	24,19		9,29663 x 10 ⁻⁶	

L.7.5 Perhitungan kemampuan adsorpsi *Congo red* oleh biomassa *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II) pada kondisi optimum

Kondisi optimum terjadi pada pH 6 dengan lama pengocokan 150 menit dan jumlah tembaga(II) terimpregnasi 23,28 mg/g. Tabel L.7.5 Data kondisi optimum adsorpsi *Congo red* oleh biomassa *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II)

Jumlah Cu(II) terimpregnasi (mg/g)	[Congo red] setelah adsorpsi (mg/L)	Rataan [Congo red] setelah adsorpsi (mg/L)
32,44	74,19	77,96
	83,87	
	75,81	

$$\begin{aligned}
 \text{Kemampuan adsorpsi} &= \frac{(C_o - C_s)}{m} \times V \\
 &= \frac{(100 - 77,96) \text{ mg/L}}{0,1 \text{ g}} \times 25 \text{ mL} \times 10^{-3} \text{ L/mL} \\
 &= 5,51 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

L.7.6 Perhitungan peningkatan kemampuan adsorpsi biomassa *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II) terhadap adsorpsi *Congo red*

Tabel L.7.6 Data kemampuan adsorpsi biomassa tanpa impregnasi tembaga(II) dan jumlah impregnasi tertinggi

Jumlah Cu(II) terimpregnasi (mg/g)	Rataan kemampuan adsorpsi (mol/g)
0	$4,54502 \times 10^{-6}$
32,44	$8,47026 \times 10^{-6}$

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi } \textit{congo red} \text{ teradsorpsi} &= C_o - C_s = (100 - 77,96) \text{ mg/L} \\ &= 22,04 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kemampuan adsorpsi} &= \frac{(C_o - C_s)}{m \times M_r} \times V \\ &= \frac{(100 - 77,96) \text{ mg/L}}{0,1 \text{ g} \times 650,6 \text{ g/mol}} \times 25 \text{ mL} \times 10^{-3} \text{ L/mL} \\ &= \frac{1,65325 \text{ mg}}{0,1 \text{ g} \times 10^3 \times 650,6 \text{ g/mol}} \\ &= 8,47026 \times 10^{-6} \text{ mol/g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kenaikan kemampuan adsorpsi} &= 8,47026 \times 10^{-6} / 4,54502 \times 10^{-6} \\ &= 1,86 \text{ kali} \end{aligned}$$



Lampiran 8

L.8 Analisa Ragam

L.8.1 Pengaruh pH larutan *congo red* terhadap adsorpsi biomassa *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II)

Tabel L.8.1 Data pengaruh pH

pH	Data ulangan % <i>congo red</i> teradsorpsi			Total	Rata-rata
	1	2	3		
4	12,90	14,52	12,90	40,32	13,44
5	12,90	14,52	14,52	41,94	13,98
6	16,13	17,74	19,35	53,22	17,74
7	12,90	11,29	14,52	38,71	12,90
				174,19	

$$\begin{aligned}\text{Faktor Koreksi (FK)} &= \frac{(\text{grand total})^2}{N} \\ &= \frac{(174,19)^2}{12} \\ &= 2528,513\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Kuadrat Total (JKT)} &= \sum \sum Y_i^2 - \text{FK} \\ &= (12,90)^2 + (14,52)^2 + (12,90)^2 + \dots \\ &\quad \dots + (14,52)^2 - 2528,513 \\ &= 57,2197\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)} &= \frac{\sum (\text{Hasil perlakuan})^2}{n} - \text{FK} \\ &= \frac{(40,32)^2 + (41,94)^2 + \dots + (38,71)^2}{3} - 2528,513 \\ &= 43,3198\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Kuadrat Galat (JKG)} &= \text{JKT} - \text{JKP} \\ &= 57,2197 - 43,3198 \\ &= 13,8999\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kuadrat Total Perlakuan (KTP)} &= \frac{\text{JKP}}{\text{db Perlakuan}} \\ &= \frac{43,3198}{3} \\ &= 14,4399\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuadrat Total Galat (KTG)} &= \frac{\text{JKG}}{\text{db Galat}} \\ &= \frac{13,8999}{8} \\ &= 1,7375 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{F Hitung} &= \frac{\text{KTP}}{\text{KTG}} \\ &= \frac{14,4399}{1,7375} \\ &= 8,3108 \end{aligned}$$

F Tabel (f1,f2) = (3,8) pada taraf nyata 5% = 4,07

Tabel L.8.2 Analisa ragam satu arah penentuan pH

Sumber Keragaman	dB	JK	KT	F	
				Hitung	Tabel
Perlakuan	3	43,3198	14,4399	8,3108	4,07
Galat	8	13,8999	1,7375		
Total	11	57,2197			

$$H_0 = P1 = P2 = P3 = P4 = P5$$

$$H_1 = P1 \neq P2 \neq P3 \neq P4 \neq P5$$

F hitung > F tabel maka H_1 diterima, yaitu ada perbedaan yang nyata dalam perlakuan pH sehingga dilakukan pengujian lebih lanjut dengan uji BNT.

$$\begin{aligned} \text{BNT}_{(0,05)} &= t_{(0,05/2, \text{dbG})} \sqrt{\frac{2 \text{KTG}}{n}} = 2,3060 \times \sqrt{\frac{2 \times 1,7375}{3}} \\ &= 2,4819 \end{aligned}$$

Tabel L.8.3 Selisih rerata antar perlakuan pH

pH	Rerata % Congo red teradsorpsi	pH			
		4	5	6	7
		Rerata % Congo red teradsorpsi			
		13,44	13,98	17,74	12,90
4	13,44	-			
5	13,98	0,54	-		
6	17,74	4,30*	3,76*	-	
7	12,90	0,54	1,08	4,84*	-

(*): beda nyata taraf 5%

L.8.2 Pengaruh lama pengocokan terhadap adsorpsi *congo red* oleh biomassa *Azolla microphylla* terimpregnasi tembaga(II)

Tabel L.8.4 Data pengaruh lama pengocokan

Lama Pengocokan (menit)	Data ulanga % <i>congo red</i> teradsorpsi			Total	Rata-rata
	1	2	3		
60	11,29	12,90	11,29	35,48	11,83
90	12,90	11,29	11,29	35,48	11,83
120	11,29	12,90	12,90	37,09	12,36
150	16,13	20,97	20,97	58,07	19,36
180	22,58	17,74	20,97	61,29	20,43
210	17,74	17,74	19,35	54,83	18,28
				282,24	

$$\begin{aligned} \text{Faktor Koreksi (FK)} &= \frac{(\text{grand total})^2}{N} \\ &= \frac{(282,24)^2}{18} \\ &= 4425,5232 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kuadrat Total (JKT)} &= \sum \sum Y_i^2 - \text{FK} \\ &= (11,29)^2 + (12,90)^2 + (11,29)^2 + \dots \\ &\quad \dots + (19,35)^2 - 4425,5232 \\ &= 285,2386 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)} &= \frac{\sum (\text{Hasil perlakuan})^2}{n} - \text{FK} \\ &= \frac{(35,48)^2 + (35,48)^2 + \dots + (54,83)^2}{3} - 4425,5232 \\ &= 250,5591 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kuadrat Galat (JKG)} &= \text{JKT} - \text{JKP} \\ &= 285,2386 - 250,5591 \\ &= 34,6795 \end{aligned}$$

$$\text{Kuadrat Total Perlakuan (KTP)} = \frac{\text{JKP}}{\text{db Perlakuan}}$$

$$= \frac{250,5591}{5}$$

$$= 50,1118$$

$$\text{JKG}$$

$$\text{Kuadrat Total Galat (KTG)} = \frac{\text{JKG}}{\text{db Galat}}$$

$$= \frac{34,6795}{12}$$

$$= 2,8900$$

$$F \text{ Hitung} = \frac{\text{KTP}}{\text{KTG}}$$

$$= \frac{50,1118}{2,8900}$$

$$= 17,3400$$

F Tabel (f1,f2) = (5,12) pada taraf nyata 5% = 3,11

Tabel L.8.5 Analisa ragam satu arah penentuan lama pengocokan

Sumber keragaman	db	JK	KT	F	
				Hitung	Tabel
Perlakuan	5	250,5591	50,1118	17,34	3,11
Galat	12	34,6795	2,89		
Total	17	285,2386			

$$H_0 = P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5$$

$$H_1 = P_1 \neq P_2 \neq P_3 \neq P_4 \neq P_5$$

F hitung > F tabel maka H_1 diterima, yaitu ada perbedaan yang nyata dalam perlakuan lama pengocokan sehingga dilakukan pengujian lebih lanjut dengan uji BNT.

$$\text{BNT}_{(0,05)} = t_{(0,05/2, \text{dbG})} \sqrt{\frac{2 \text{KTG}}{n}} = 2,1788 \times \sqrt{\frac{2 \times 2,89}{3}}$$

$$= 3,0243$$

Tabel L.8.6 Selisih rerata antar perlakuan lama pengocokan

Lama pengocokan (menit)	Rerata % Congo red teradsorpsi	Lama pengocokan (menit)					
		60	90	120	150	180	210
		Rerata % Congo red teradsorpsi					
		11,83	11,83	12,36	19,36	20,43	18,28
60	11,83	-					
90	11,83	0,00	-				
120	12,36	0,53	0,53	-			
150	19,36	7,53*	7,53*	7,00*	-		
180	20,43	8,60*	8,60*	8,07*	1,07	-	
210	18,28	6,45*	6,45*	5,92*	1,08	2,15	-

(*): beda nyata taraf 5%

L.8.3 Pengaruh jumlah tembaga(II) terimpregnasi terhadap adsorpsi congo red oleh biomassa *Azolla microphylla*

Tabel L.8.7 Data pengaruh jumlah tembaga(II) terimpregnasi

Jumlah Cu(II) Terimpregnasi (mg/g)	Data ulangan % congo red yang teradsorpsi			Total	Rata-rata
	1	2	3		
0,00	11,29	12,90	11,29	35,48	11,83
10,56	9,68	12,90	14,52	37,10	12,37
22,40	16,13	17,74	14,52	48,39	16,13
23,28	16,13	20,97	20,97	58,07	19,36
24,34	20,97	17,74	20,97	59,68	19,89
32,44	25,81	16,13	24,19	66,13	22,04
				304,85	

$$\begin{aligned} \text{Faktor Koreksi (FK)} &= \frac{(\text{grand total})^2}{N} \\ &= \frac{(304,85)^2}{18} \\ &= 5162,973 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kuadrat Total (JKT)} &= \sum \sum Y_i^2 - \text{FK} \\ &= (11,29)^2 + (12,90)^2 + (11,29)^2 + \dots \\ &\quad \dots + (24,19)^2 - 5162,973 \\ &= 360,3596 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)} &= \frac{\sum (\text{Hasil perlakuan})^2}{n} - \text{FK} \\ &= \frac{(35,48)^2 + (37,10)^2 + \dots + (66,13)^2}{3} - 5162,973 \\ &= 264,9721 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kuadrat Galat (JKG)} &= \text{JKT} - \text{JKP} \\ &= 360,3596 - 264,9721 \\ &= 95,3875 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuadrat Total Perlakuan (KTP)} &= \frac{\text{JKP}}{\text{db Perlakuan}} \\ &= \frac{264,9721}{5} \\ &= 52,9944 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuadrat Total Galat (KTG)} &= \frac{\text{JKG}}{\text{db Galat}} \\ &= \frac{95,3875}{12} \\ &= 7,9490 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{F Hitung} &= \frac{\text{KTP}}{\text{KTG}} \\ &= \frac{52,9944}{7,9490} \\ &= 6,6668 \end{aligned}$$

F Tabel (f1,f2) = (5,12) pada taraf nyata 5% = 3,11

Tabel L.8.8 Analisa ragam satu arah pengaruh jumlah tembaga(II) terimpregnasi

Sumber keragaman	db	JK	KT	F	
				Hitung	Tabel
Perlakuan	5	264,9721	52,9944	6,6668	3,11
Galat	12	95,3875	7,949		
Total	17	360,3596			

$$H_0 = P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5$$

$$H_1 = P_1 \neq P_2 \neq P_3 \neq P_4 \neq P_5$$

F hitung > F tabel maka H₁ diterima, yaitu ada perbedaan yang nyata dalam perlakuan jumlah tembaga(II) terimpregnasi sehingga dilakukan pengujian lebih lanjut dengan uji BNT.

$$BNT_{(0,05)} = t_{(0,05/2,dbG)} \sqrt{\frac{2 KTG}{n}} = 2,1788 \times \sqrt{\frac{2 \times 7,949}{3}}$$

$$= 5,0157$$

Tabel L.8.9 Selisih rerata antar perlakuan jumlah tembaga(II) terimpregnasi

Jumlah tembaga(II) terimpregnasi (mg/g)	Rerata % congo red teradsorpsi	Jumlah tembaga(II) terimpregnasi (mg/g)					
		0	10,56	22,4	23,28	24,34	32,44
		Rerata % Congo red teradsorpsi					
		11,83	12,37	16,13	19,36	19,89	22,04
0	11,83	-					
10,56	12,37	0,54	-				
22,40	16,13	4,30	3,76	-			
23,28	19,36	7,53*	6,99*	3,23	-		
24,34	19,89	8,06*	7,52*	3,76	0,53	-	
32,44	22,04	10,21*	9,67*	5,91*	2,68	2,15	-

(*): beda nyata taraf 5%

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

