

**ADSORPSI ZAT WARNA ANIONIK METIL JINGGA
OLEH BIOMASSA *Azolla microphylla*-SILIKA
DIIMPREGNASI KROMIUM(III)**

SKRIPSI

Oleh:
NIO HOKI PRATIWI
0610920042-92



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2010**

**ADSORPSI ZAT WARNA ANIONIK METIL JINGGA
OLEH BIOMASSA *Azolla microphylla*-SILIKA
DIIMPREGNASI KROMIUM(III)**

SKRIPSI

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

Oleh:

NIO HOKI PRATIWI
0610920042-92



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2010**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ADSORPSI ZAT WARNA ANIONIK METIL JINGGA
OLEH BIOMASSA *Azolla microphylla*-SILIKA
DIIMPREGNASI KROMIUM(III)**

Oleh :

NIO HOKI PRATIWI

0610920042-92

**Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Kimia**

Pembimbing I

Pembimbing II

Drs. Danar P., M.Si

Nip. 19600610 199203 1 002

Rachmat T. T., Dr. Rer. Nat

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 bertandatangan di bawah ini :

Nama : Nio Hoki Pratiwi

NIM : 0610920042-92

Jurusan : Kimia

Penulis skripsi berjudul: Adsorpsi Zat Warna Anionik Metil
Jingga oleh Biomassa *Azolla microphylla*-Silika Diimpregnasi
Kromium(III)

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari tugas akhir yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini.
2. Apabila di kemudian 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, Oktober 2010
Yang menyatakan,

(Nio Hoki Pratiwi)

NIM. 0610920042-92

ADSORPSI ZAT WARNA ANIONIK METIL JINGGA OLEH BIOMASSA *Azolla microphylla*-SILIKA DIIMPREGNASI KROMIUM(III)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah zat warna anionik metil jingga yang teradsorpsi oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III). Amobilisasi dapat meningkatkan densitas, kekuatan mekanik, dan kemampuannya untuk digunakan kembali. Impregnasi biomassa *A. microphylla* dilakukan pada konsentrasi kromium(III) 800 mg/L. Percobaan dilakukan pada variasi lama pengocokan 75, 90, 120, 150, dan 180 menit, pH 2, 3, 4, dan 5, dan konsentrasi metil jingga 50, 75, 100, 125, 150, dan 175 mg/L. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor-faktor lama pengocokan, pH larutan, dan konsentrasi metil jingga berpengaruh terhadap adsorpsi metil jingga oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III). Kondisi optimum terjadi pada lama pengocokan 120 menit dan pH 3.

Kata kunci: biosorpsi, metil jingga, *Azolla microphylla*, kromium(III)

ADSORPTION OF ANIONIC DYE METHYL ORANGE BY *Azolla microphylla*-SILICA BIOMASS IMPREGNATED CHROMIUM(III)

ABSTRACT

The aim of this research is to know the adsorbed amount of anionic dye, methyl orange, on a *A. microphylla*-silica biomass impregnated with chromium(III). Immobilization of Cr(III) increases the biomass mechanical strength, density, and reusability. The impregnation of *A. microphylla* biomass was done by using chromium(III) solution at concentration of 800 mg/L. The experiment was done with shaking time variation of 75, 90, 120, 150, and 180 minutes, initial pH of 2, 3, 4, and 5, and initial concentration of anionic dye methyl orange of 50, 75, 100, 125, 150, and 175 mg/L. The results showed that shaking time factors, initial pH, and initial dye concentration influence the adsorption of methyl orange on the *A. microphylla*-silica biomass impregnated with chromium(III). The optimum conditions of adsorption took place at shaking time of 120 minutes and initial pH of 3.

Keywords: biosorption, methyl orange, *Azolla microphylla*, chromium(III)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis persembahkan kehadiran Allah SWT karena atas segala limpahan rahmat, karunia dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul) **Adsorpsi Zat Warna Anionik Metil Jingga oleh Biomassa *A. microphylla*-Silika Diimpregnasi Kromium(III)**. Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk menyelesaikan masa perkuliahan penulis di Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Drs. Danar Purwonugroho, M.Si selaku Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing Akademik atas ilmu, bimbingan, kritik dan saran yang diberikan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
2. Rachmat Triandi Tjahjanto, Dr. rer. nat selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingan dan dukungan yang diberikan selama penyusunan skripsi ini.
3. Dosen penguji, atas segala masukan dan saran yang di berikan untuk kebaikan naskah skripsi
4. Kedua orang tua serta keluarga yang selalu mengirini penulis dengan doa, perhatian, kasih sayang, dan nasehat serta dukung hingga terselesaikannya skripsi ini.
5. Seluruh civitas akademika Jurusan Kimia Universitas Brawijaya serta semua pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca, dan semoga skripsi ini dapat memberikan sumbangan yang bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Malang, Oktober 2010

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	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 <i>Azolla microphylla</i>	5
2.2 Amobilisasi Biomassa pada Matriks Polisilikat	6
2.3 Pengikatan Ion Logam oleh Biomassa	8
2.4 Pengikatan Zat Warna oleh Biomassa	9
2.5 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi Zat Warna oleh Biomassa.....	9
2.5.1 Pengaruh pH pada Adsorpsi Zat Warna oleh Biomassa Pengaruh	9
2.5.2 Lama Pengocokan terhadap Adsorpsi Zat Warna oleh Biomassa	10
2.6 Pengaruh Konsentrasi Larutan terhadap Adsorpsi Zat Warna oleh Biomassa	11
2.7 Metil Jingga	11
2.8 Spektrofotometer	12
2.9 Hipotesis	13

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Bahan	14
3.3 Alat	14
3.4 Tahapan Penelitian	14
3.5 Cara Kerja	15
3.5.1 Preparasi Adsorben <i>A. microphylla</i>	15
3.5.2 Amobilisasi Biomassa pada Matriks Polisilikat	15
3.5.3 Impregnasi Kromium(III) ke dalam Biomassa <i>A. microphylla</i> -Silika.....	15
3.5.4 Pengaruh Lama Pengocokan terhadap Adsorpsi Zat Warna Metil Jinnga oleh Biomassa <i>A. microphylla</i> - Silika Diimpregnasi Kromium(III)	16
3.5.5 Pengaruh pH Larutan terhadap Adsorpsi Zat Warna Metil Jinnga oleh Biomassa <i>A. microphylla</i> - Silika Diimpregnasi Kromium(III)	16
3.5.6 Pengaruh Konsentrasi terhadap Adsorpsi Zat Warna Metil Jinnga oleh Biomassa <i>A. microphylla</i> - Silika Diimpregnasi Kromium(III)	17
3.6 Analisa Data	17
3.6.1 Penentuan Jumlah Kromium(III) Terimpregnasi.....	17
3.6.2 Penentuan Jumlah Metil Jinnga Teradsorpsi oleh Biomassa.....	17
3.6.3 Uji Statistik.....	18

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Lama Pengocokan terhadap Adsorpsi Metil Jingga oleh Biomassa <i>A. microphylla</i> -Silika Diimpregnasi Kromium(III).....	20
4.2 Pengaruh pH Larutan terhadap Adsorpsi Metil Jinnga oleh Biomassa <i>A. microphylla</i> -Silika Diimpregnasi Kromium(III)	21
4.3 Pengaruh Konsentrasi terhadap Adsorpsi Metil Jinnga oleh Biomassa <i>A. microphylla</i> -Silika Diimpregnasi Kromium(III)	25

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	28
5.2	Saran	28

DAFTAR PUSTAKA	29
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN	34
-----------------------	-----------

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Foto <i>Azolla microphylla</i>	5
Gambar 2.2 Reaksi Pembuatan Polimer Polisilikat	7
Gambar 2.3 Struktur Metil Jingga dalam Keadaan Basa	11
Gambar 2.4 Struktur Metil Jingga dalam Keadaan Asam.....	12
Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Lama Pengocokan terhadap Adsorpsi Metil Jingga oleh Biomassa <i>A. microphylla</i> -Silika Diimpregnasi Kromium(III) ...	20
Gambar 4.2 Grafik Pengaruh pH Larutan terhadap Adsorpsi Metil Jingga oleh Biomassa <i>A. microphylla</i> - Silika Diimpregnasi Kromium(III).....	22
Gambar 4.2.1 Mekanisme Interaksi Antara Gugus Karboksil pada Biomassa-Silika Diimpregnasi Kromium(III).....	24
Gambar 4.2.2 Mekanisme Interaksi antara Metil Jingga dengan Biomassa-Silika Diimpregnasi Kromium(III).....	24
Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Konsentrasi Larutan Metil Jingga terhadap Adsorpsi Metil Jingga oleh Biomassa <i>A. microphylla</i> -Silika Diimpregnasi Kromium (III).....	26
Gambar L.3.1 Kurva Serapan Metil Jingga.....	45
Gambar L.3.2 Kurva Baku Larutan Standar Metil Jingga pada Panjang Gelombang 510 nm	46
Gambar L.3.3 Kurva Baku Larutan Standar Kromium(III).....	47

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.6.3.1 Analisa Ragam	18
Tabel 3.6.3.2 Analisis Sidik Ragam Satu Arah	18
Tabel L.2.4 Pembuatan Larutan Metil Jingga 100 mg/L pH 2, 3, 4, dan 5	41
Tabel L.2.5 Pembuatan 100 mL Larutan Metil Jingga 50, 75, 100, 125, 150, dan 175 mg/L dari Larutan Metil Jingga 1000 mg/L.....	41
Tabel L.2.6.1 Pembuatan Larutan Standart Metil Jingga	42
Tabel L.2.6.2 Pembuatan Larutan Standar Kromium(III) Berbagai Konsentrasi	43
Tabel L.3.1 Kurva Serapan Metil Jingga.....	45
Tabel L.3.2 Data Konsentrasi dan Absorbansi Metil Jingga	46
Tabel L.3.3 Data Konsentrasi dan Absorbansi Kromium(III).....	47
Tabel L.3.4 Data Pengaruh Lama Pengocokan terhadap Adsorpsi Metil Jingga oleh Biomassa <i>A. microphylla</i> -Silika Diimpregnasi Kromium(III)... ..	48
Tabel L.3.5 Data Pengaruh pH Zat Warna Metil Jingga terhadap Adsorpsi Metil Jingga oleh Biomassa <i>A. microphylla</i> -Silika Diimpregnasi Kromium(III)... ..	50
Tabel L.3.6 Data Pengaruh Konsentrasi Zat Warna Metil Jingga terhadap Adsorpsi Metil Jingga oleh Biomassa <i>A. microphylla</i> -Silika Diimpregnasi Kromium(III).....	51
Tabel L.3.7 Penentuan Jumlah Kromium(III) yang Terimpregnasi dalam Biomassa <i>A. microphylla</i>	52
Tabel L.4.1.1 Data Pengaruh Lama Pengocokan.....	53
Tabel L.4.1.2 Analisa Sidik Ragam Satu Arah Penentuan Lama Pengocokan	54
Tabel L.4.1.3 Selisih Rerata Antar Perlakuan Lama Pengocokan	55
Tabel L.4.2.1 Data Pengaruh pH	56
Tabel L.4.2.2 Analisa Sidik Ragam Satu Arah Penentuan pH	57
Tabel L.4.2.3 Selisih Rerata Antar Perlakuan Variasi pH	58
Tabel L.4.3.1 Data Pengaruh Konsentrasi Metil Jingga	59

Tabel L.4.3.2 Analisa Sidik Ragam Satu Arah Penentuan Konsentrasi Metil Jingga.....	60
Tabel L.4.3.3 Selisih Rerata Antar Perlakuan Konsentrasi Metil Jingga	61
Tabel L.5.1 Kimia Bahan Alam dari <i>A. microphylla</i>	62

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Perhitungan dan Preparasi Larutan	34
Lampiran 2 Pembuatan Larutan	40
Lampiran 3 Data Hasil Penelitian.....	45
Lampiran 4 Analisa Ragam	53
Lampiran 5 Klasifikasi Kimia Bahan Alam <i>A. microphylla</i>	62



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah zat warna dari industri tekstil merupakan salah satu sumber utama pencemaran lingkungan perairan. Lebih dari 10.000 zat warna yang berbeda digunakan dalam industri tekstil, barang-barang dari kulit, makanan, kertas, dan cat (Maurya *dkk*, 2006). Zat warna azo adalah senyawa yang paling banyak terdapat dalam limbah tekstil, sekitar 60% - 70%, diantaranya metil jingga, *congo red*, remazol biru, hitam reaktif, merah reaktif, dan lain-lain

Metil jingga (asam *p*-(4-dimetilamino) fenilazobenzenesulfonat) merupakan zat warna anionik yang terdisosiasi apabila dilarutkan dalam air serta menghasilkan larutan berwarna dan ion yang bermuatan negatif (Allen dan Koumanova, 2005). Keberadaan metil jingga di lingkungan yang berlebih akan membahayakan makhluk hidup karena sifatnya yang karsinogen dan mutagenik (Christina *dkk.*, 2007). Oleh sebab itu sebelum limbah cair dibuang ke lingkungan perlu dilakukan pengolahan untuk mengurangi konsentrasi zat warna pencemar yang ada di dalamnya.

Beberapa metode biologi, fisika, dan kimia telah digunakan untuk mengolah limbah industri tekstil, di antaranya biodegradasi mikroba, adsorpsi, filtrasi membran, dan oksidasi (Forgacs *dkk.*, 2004). Adsorpsi merupakan salah satu teknologi yang efektif dan dapat diaplikasikan dalam lingkungan perairan dan limbah industri (Venkat *dkk.*, 2000). Karbon aktif merupakan adsorben yang paling sering digunakan karena mempunyai kemampuan yang baik dalam mengadsorpsi. Tetapi, karbon aktif perdagangan yang tersedia mahal, sehingga banyak dilakukan penelitian mengenai adsorben alternatif. Beberapa adsorben yang murah dengan kemampuan untuk berikatan dengan molekul zat warna dan mudah diregenerasi telah diteliti (Won *dkk.*, 2009). Biosorben dan bahan limbah dari industri serta pertanian berpotensi secara ekonomis sebagai adsorben alternatif, beberapa diantaranya telah diteliti untuk mengolah zat warna, seperti jerami gandum, tongkol jagung, ampas tebu, dan sekam (Mao *dkk.*, 2009)

Gugus-gugus fungsi yang terdapat pada tumbuhan, menyebabkan tumbuhan mampu mengikat zat warna. Menurut Gardea-Torresdey *dkk.* (2004), biomassa memiliki gugus-gugus aktif seperti karboksil, hidroksil, sulfat, sulfihidril, fosfat, amino, amida, imina, dan imidazol. Gugus-gugus tersebut banyak terdapat pada protein. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa protein memiliki peranan penting dalam pengikatan zat warna.

Azolla mempunyai kandungan protein kasar cukup tinggi, yaitu berkisar antara 24-30% (Djojowito, 2000), sehingga tumbuhan ini berpotensi untuk mengikat zat warna. *A. microphylla* memiliki kelebihan dibandingkan spesies lainnya yaitu, pertumbuhan yang cepat, produksi biomassa tinggi, dan mampu membentuk spora sepanjang tahun.

Penggunaan biomassa *A. microphylla* yang diimpregnasi kromium(III) untuk mengadsorpsi metil jingga telah dilakukan oleh Nurani (2010). Dalam penelitian tersebut telah dilakukan variasi konsentrasi kromium(III) untuk impregnasi biomassa dan belum dilakukan amobilisasi. Berdasarkan penelitian tersebut kondisi optimum terjadi pada lama pengocokan 120 menit dan pH 3. Menurut Nurani (2010) biomassa yang diimpregnasi dengan kromium(III) mampu meningkatkan adsorpsi metil jingga sebesar 2,06 kali lipat dibandingkan tanpa impregnasi kromium(III).

Kromium(III) digunakan untuk impregnasi karena memiliki muatan besar dan stabil terikat oleh biomassa *Azolla* sebagaimana hasil penelitian Suryati (2007) yang menyatakan % adsorpsi pengikatan kromium(III) oleh biomassa *Azolla pinnata* sebesar 67,64 % dengan pH optimum 5 dan *recovery* kromium(III) hanya sebesar 8,94 %.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III) dalam mengadsorpsi zat warna anionik metil jingga. Menurut Goksungur *dkk.* (2002), agar biosorpsi berlangsung dengan baik, biomassa perlu diamobilisasi untuk meningkatkan kekuatan mekanik, densitas, dan kemampuannya untuk dapat digunakan kembali. Pemilihan silika sebagai matrik pendukung untuk imobilisasi biomassa, karena komposisi silika-alga memiliki kapasitas pengikatan yang tinggi, daya tahan yang baik terhadap perubahan-perubahan pelarut kimia. Impregnasi kromium(III) terhadap biomassa *A. microphylla*-silika bertujuan untuk menambah situs pengikatan positif dan diharapkan

mampu meningkatkan kemampuan adsorpsinya terhadap metil jingga. Menurut Putri (2010) berdasarkan penelitiannya mengenai adsorpsi *congo red* oleh biomassa *A. microphylla* diimpregnasi kromium(III) kondisi optimum terjadi pada pH 5, lama pengocokan 120 menit, dan jumlah kromium(III) terimpregnasi 21,88 mg/g. Kemampuan adsorpsi biomassa pada penelitian tersebut sebesar 11,24 mg/g.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

Bagaimana pengaruh lama pengocokan, pH larutan, dan konsentrasi zat warna metil jingga terhadap adsorpsi metil jingga oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III)?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain :

1. Biomassa *A. microphylla* yang digunakan dalam keadaan mati dan dikeringkan.
2. Biomassa *A. microphylla* yang digunakan berukuran 120 – 150 mesh.
3. Biomassa *A. microphylla* terimpregnasi kromium(III) yang digunakan pada pH optimum yaitu 5.
4. Analisis kuantitatif kromium(III) dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dan untuk zat warna metil jingga dilakukan dengan menggunakan *spectronic 20*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

Mengetahui pengaruh waktu kontak, pH, dan konsentrasi zat warna metil jingga terhadap adsorpsi metil jingga oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III).

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini dapat memberikan informasi tentang pengikatan zat warna metil jingga oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III) pada lama pengocokan dan pH optimum larutan zat warna metil jingga.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Azolla microphylla*

Azolla merupakan tumbuhan sejenis paku-pakuan 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).

A. 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 Foto *A. microphylla*

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

Kingdom : Plantae
Divisio : Pteridophyta
Kelas : Filicopsidae
Ordo : Salviniiales
Famili : Azollaceae
Genus : *Azolla*
Species : *Azolla microphylla*

Dalam 100 mg *A. microphylla* kering terdapat kandungan protein kasar sebesar 23,6 g; lemak 2,69 g; dan abu 28,71 g. Komposisi asam amino dalam *A. microphylla* sebagai % protein kasar adalah: teronin (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).

Pteridophyta yang meliputi pakis dan umumnya bangsa paku-pakuan dalam Carboniferous tersebar di seluruh dunia. Beberapa diantaranya digunakan sebagai makanan atau obat tradisional untuk aktivitas biologi seperti anthelmintik, *schistosomicidal*, antiviral, diuretik, antihemorragik, dan perawatan sindrom *Meniere*. Senyawa organik non volatil dari paku telah diteliti secara luas diantaranya, senyawa-senyawa phenol (flavonoid, kumarin, phloroglucinol, dan asam hidroksisinamik), hemi-, di-, atau sesquiterpena glikosida, β -alkaloid karbolin, dan karatenoid (Fons *dkk.*, 2010).

2.2 Amobilisasi Biomassa pada Matriks Polisilikat

Kemampuan alga dalam menyerap ion-ion logam sangat dibatasi oleh beberapa kelemahan seperti ukurannya yang sangat kecil, berat jenisnya yang rendah dan mudah rusak karena degradasi oleh mikroorganisme lain. Untuk mengatasi kelemahan tersebut berbagai upaya dilakukan, diantaranya dengan mengimmobilisasi biomasnya. Amobilisasi biomassa dapat dilakukan dengan menggunakan (1) Matrik polimer seperti polietilena glikol, akrilat, polisilikat (2) oksida (*oxides*) seperti alumina, silika, (3) campuran oksida (*mixed oxides*) seperti kristal aluminasilikat, asam polihetero, dan (4) Karbon (Harris dan Ramelow, 1990).

Silika gel digunakan sebagai matrik pendukung untuk imobilisasi biomassa, karena komposisi silika-alga memiliki kapasitas pengikatan yang tinggi, daya tahan yang baik terhadap perubahan-perubahan pelarut kimia (Lestari, 2002). Teknik sel amobil adalah teknik yang dilakukan dengan cara melakukan penjerapan sel pada matriks tertentu. Matrik yang biasa digunakan misalnya alginate, poliakrilamid, dan polisilikat (Brodelius, 1985).

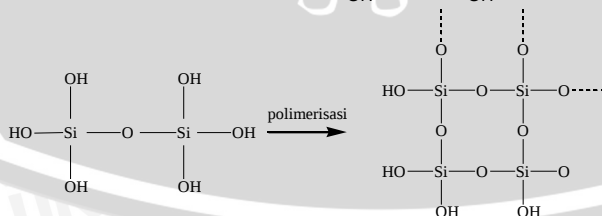
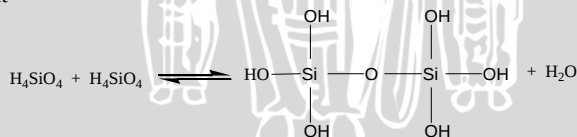
Polisilikat dapat dibuat dari natrium metasilikat (Na_2SiO_3) yang direaksikan dengan suatu asam. Reaksinya akan menghasilkan asam monosilikat, yang selanjutnya mengalami polimerisasi membentuk gel polisilikat (Henisch, 1988). Gardea-Torresdey *dkk.*, (1998) membuat polimer polisilikat dengan cara mereaksikan larutan Na_2SiO_3 6% dengan larutan asam sulfat 5% pada pH 2, dengan reaksi pada Gambar 2.2 (Henisch, 1988). Reaksi ini akan terjadi terus menerus hingga terbentuk jaringan rantai Si-O-Si dengan sistem tiga dimensi ke segala arah (Henisch, 1988).

Jika biomassa dicampur dengan gel polisilikat pada pH rendah (pH 2) dan dengan pengadukan diperoleh campuran biomassa-polisilikat, dimana pada kondisi pH tersebut gel polisilikat masih lembek, maka peningkatan pH (sampai pH 7) akan mengeraskan gel polisilikat sehingga biomassa akan teramobilisasi di dalam matriks polisilikat.

Pada adsorpsi seng(II) kestabilan adsorpsi *Saccharomyces cerevisiae* imobil terhadap keasaman medium (pH 2-12) adalah relatif tetap, yaitu sebesar 89-90%, sedang untuk *Saccharomyces cerevisiae* non imobil kestabilannya pada pH 2-10 adalah 87,96-88,56% dan pada pH 11-12 menurun, menjadi 84,24 –73,96% (Amaria, 2003).



Natrium
metasilikat



Gambar 2.2 Reaksi Pembuatan Polimer Polisilikat

2.3 Pengikatan Ion Logam oleh Biomassa

Penggunaan biomassa tumbuhan yang telah mati dalam mengikat ion logam dari media air dikenal dengan istilah fitofiltrasi (Gamez, *dkk.*, 1999). Dalam mengikat ion logam, penggunaan biomassa tumbuhan yang telah mati lebih baik sebab lebih mudah di regenerasi dan tidak membutuhkan nutrisi tambahan sehingga lebih mudah dikontrol (Kim *dkk.*, 2008). Biomassa yang digunakan dapat digolongkan berdasarkan sumber bakteri, alga, jamur, turunan tumbuhan, dan turunan hewan (Gardea-Torresdey *dkk.*, 2004).

Gugus-gugus aktif biomassa yang berperan dalam pengikatan ion logam adalah karboksil, hidroksil, sulfat, sulfhidril, fosfat, amino, amida, imina, dan imidazol (Gardea-Torresdey *dkk.*, 2004). Gugus-gugus aktif tersebut banyak terdapat pada protein, sehingga tanaman yang memiliki kandungan protein yang tinggi dapat digunakan untuk mengikat ion logam. Menurut Kim *dkk.* (2005), mekanisme pengikatan logam berat oleh biomassa dapat dijelaskan oleh interaksi fisika dan kimia antara ligan-ligan yang terdapat pada dinding sel biomassa dengan ion logam melalui mekanisme pertukaran ion, pengkompleksan, ikatan koordinasi, dan pengendapan mikro.

Menurut Sharma dan Dinesh (2009) Cr(III) dapat teradsorpsi sebesar 73,9% dari larutan pada pH 4 dan dosis biomassa *Streptomyces* sp 1%. Pada pH 4 permukaan biomassa bermuatan negatif. Adsorpsi Cr(III) disebabkan oleh adanya interaksi elektrostatis antara biomassa dan kation Cr(III). Berdasarkan penelitian Tan *dkk.* (1993) adsorpsi kromium(III) dengan menggunakan kulit kelapa dan jerami padi optimum pada kisaran pH 4-6 untuk kedua substrat dengan kapasitas adsorpsi masing-masing 0,55 dan 0,3 mmol/g. Romero-Gonzales *dkk.* (2005) menggunakan biomassa *Agave lechuguilla* untuk adsorpsi kromium(III). Kapasitas adsorpsi untuk pengikatan kromium(III) oleh biomassa *Agave lechuguilla* berdasarkan isotherm Freundlich (4,7 mg/g) dan berdasarkan isotherm Langmuir (14,2 mg/g).

Berdasarkan penelitian Nurani (2010) jumlah kromium(III) yang terimpregnasi dalam biomassa *A. microphylla* sebesar 26,3 mg/g biomassa mampu

meningkatkan adsorpsi metil jingga 2,06 kali dibandingkan dengan menggunakan biomassa tanpa impregnasi kromium(III). Menurut Putri (2010) kemampuan biomassa *Azolla microphylla* yang terimpregnasi 21,88 mg kromium(III) per g biomassa dalam mengadsorpsi *congo red* meningkat 2,86 kali dibanding biomassa tanpa impregnasi kromium(III).

2.4 Pengikatan Zat Warna oleh Biomassa

Mekanisme pengikatan zat warna menggunakan biosorpsi dapat dijelaskan dengan interaksi kimia dan fisik antara ligan dinding sel biomassa dan adsorbat dengan pertukaran ion, pengompleksan, dan mikropresipitasi. Difusi zat warna dari larutan ke dalam sisi aktif biosorben terjadi pada mekanisme transport pasif. Berbagai gugus fungsi seperti karboksil, hidroksil, amino dan fosfat yang ada pada dinding sel dapat mengikat zat warna (Kim dkk., 2008).

Subasioglu dan Bilkay (2009) melaporkan biosorpsi optimum metil jingga oleh *Humicola fuscoatra* terjadi pada konsentrasi biomassa 0,5 g/L; waktu kontak 6 jam; dan pH larutan 3-5. Menurut Won dkk. (2009) pengikatan zat warna jingga reaktif 16 oleh biomassa *Corynebacterium glutamicum* dipengaruhi oleh pH. Pada pH rendah interaksi elektrostatik berperan penting dalam mekanisme pengikatan zat warna jingga reaktif 16. Kapasitas adsorpsi maksimum terjadi pada pH 2 yaitu sebesar $156,6 \pm 6,2$ mg/g. Berdasarkan penelitian Santhi dan S. Manonmani (2009) mengenai biosorpsi zat warna anionik yaitu metil biru dan metil merah oleh biji *Annona squamosa* pH optimum untuk adsorpsi adalah 6 dan kesetimbangan adsorpsi tercapai pada waktu kontak 6 jam. Biosorpsi tersebut optimum pada pH 6 untuk metilen biru dan 5 untuk metilen merah. Putri (2010) telah mengkaji adsorpsi *congo red* oleh biomassa *A. microphylla* diimpregnasi kromium(III) dengan kapasitas adsorpsi sebesar 44,94%. Berdasarkan penelitian Nurani (2010) kapasitas adsorpsi metil jingga oleh biomassa *A. microphylla* diimpregnasi kromium(III) sebesar 58,1%.

2.5 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi Zat Warna oleh Biomassa

2.5.1 Pengaruh pH pada adsorpsi zat warna oleh biomassa

Menurut Kim *dkk.* (2008) efisiensi adsorpsi zat warna jingga reaktif pada biosorben meningkat dengan menurunnya pH. Gugus fungsi dari biomassa lebih mudah menjadi kation pada pH rendah dan mengadsorpsi anion zat warna lebih kuat dengan interaksi elektrostatik. Pada pH rendah biomassa bermuatan positif, sehingga gugus fungsi seperti amino dalam biomassa terprotonasi. Kapasitas maksimum diperoleh pada pH terendah mengacu pada interaksi elektrostatik antara muatan negatif pada zat warna anion dan muatan positif permukaan sel. Seiring dengan meningkatnya pH, sisi muatan negatif akan bertambah dan muatan positif berkurang. Muatan negatif pada permukaan tidak menyokong adsorpsi terhadap zat warna anionik karena tolakan elektrostatik.

Menurut Subasioglu dan Bilkay (2009) pH optimal untuk adsorpsi metil jingga oleh *Humicola fuscoatra* yaitu 3,0 – 5,0. Laju adsorpsi menurun dengan cepat ketika pH diatas 5,0. Adsorpsi yang terjadi pada pH tinggi dan rendah dikarenakan karakteristik biomassa dan zat warna itu sendiri, dimana kondisi pH asam dari larutan zat warna lebih efektif untuk adsorpsi zat warna apabila dibandingkan dengan kondisi pH basa. Sadhasivam *dkk.* (2007) melaporkan bahwa adsorpsi zat warna rhodamin 6G oleh *Trichoderma harzianum* meningkat pada pH 8,0. Menurut Putri (2010) yang mengkaji adsorpsi *congo red* oleh biomassa *A. microphylla* diimpregnasi kromium(III) pH optimum terjadi pada pH 5. Ncibi *dkk.* (2007) menggunakan biomassa *Posidonia oceanic* untuk adsorpsi zat warna reaktif. pH optimum adsorpsi terjadi pada pH 5. Nurani (2010) telah mengkaji adsorpsi zat warna anionik metil jingga oleh biomassa *A. microphylla* diimpregnasi kromium(III) dengan pH optimum 3.

2.5.2 Pengaruh lama pengocokan terhadap adsorpsi zat warna oleh biomassa

Waktu kontak merupakan salah satu variabel yang mempengaruhi adsorpsi zat warna pada biomassa. Pada saat pengocokan terjadi gaya tarik menarik antara molekul zat warna dan adsorben. Difusi yang cepat terjadi di permukaan luar yang diikuti

oleh difusi ke dalam matriks adsorben sampai mencapai kesetimbangan (Ho dan Chiang, 2001).

Menurut Sivarajasekar (2009) (dalam penelitiannya mengenai biosorpsi zat warna azo menggunakan *spirogyra*) kapasitas adsorpsi biosorben dari *spirogyra* terhadap zat warna azo maksimum terjadi pada lama pengocokan 120 menit pada konsentrasi maksimum 5 ppm. Hal ini dapat terjadi karena biomassa dengan 2 permukaan aktif seperti gugus amina dan hidroksil menyerap maksimum pada kondisi tersebut dan mulai jenuh pada lama pengocokan diatas 120 menit. Menurut Putri (2010) adsorpsi *congo red* oleh biomassa *A. microphylla* optimum pada lama pengocokan 120 menit dengan persen adsorpsi sebesar 44,43%. Berdasarkan penelitian Subasioglu dan Bilkay (2009) adsorpsi metil jingga oleh biomassa *Humicola fuscoatra* maksimum pada lama pengocokan 6 jam. Berdasarkan penelitian Nurani (2010) adsorpsi metil jingga oleh biomassa *A. microphylla* diimpregnasi kromium(III) optimum pada lama pengocokan 180 menit dengan persen adsorpsi sebesar 57,91%.

2.6 Pengaruh Konsentrasi Larutan terhadap Adsorpsi Zat Warna oleh Biomassa

Peningkatan jumlah konsentrasi larutan dapat meningkatkan interaksi antara molekul zat warna dengan permukaan adsorben. Hal ini disebabkan jumlah tumbukan antara molekul zat warna dengan adsorben semakin meningkat, sehingga dapat meningkatkan proses adsorpsi (Haris dan Kathiresan, 2009).

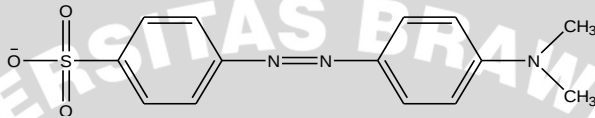
Berdasarkan penelitian Subasioglu dan Bilkay (2009) konsentrasi optimum pada adsorpsi metil jingga oleh *Humicola fuscoatra* terjadi pada konsentrasi metil jingga 100 mg/L. Menurut Ncibi dkk. (2007) dalam penelitiannya mengenai adsorpsi zat warna tekstil yang reaktif menggunakan biomassa berserat *Posidonia oceanica* (L.) adsorpsi optimum terjadi pada konsentrasi 100 mg/L dengan kapasitas maksimum biosorpsi 4,121 mg/g.

2.7 Metil Jingga

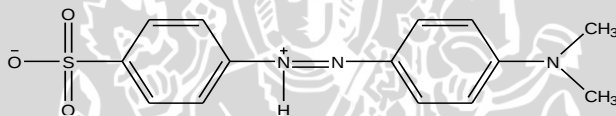
Zat warna mono azo metil jingga (asam *p*-(4-dimetilamino)phenilazobenzenesulfonat) mempunyai struktur molekul $C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$ dan berat molekul 327,33 gram/mol (Samarghandi dkk., 2009). Metil jingga merupakan senyawa organik

aromatis yang mempunyai cincin aril dengan sistem elektron yang terdelokalisasi. Timbulnya warna pada zat warna metil jingga dikarenakan adanya gugus kromofor yaitu gugus azo ($-N=N-$) dan gugus ($C=S$) (Allen dan Koumanova, 2005).

Struktur metil jingga dalam keadaan basa adalah sebagai berikut (Clark, 2007) :



Gambar 2.3 Struktur Metil Jingga dalam Keadaan Basa
Dalam larutan asam, ion hidrogen terikat pada salah satu atom nitrogen dari gugus azo ($-N=N-$) (Clark, 2007) :



Gambar 2.4 Struktur Metil Jingga dalam Keadaan Asam

Dalam suasana basa metil jingga mempunyai serapan pada sekitar 440 nm yang berada di daerah biru dari spektrum, dengan warna komplementer kuning. Sedangkan pada suasana asam, warna merah mempunyai puncak serapan sekitar 520 nm yang berada di daerah hijau dari spektrum, dan warna komplementer hijau adalah merah. Perubahan dari warna kuning ke merah disebabkan oleh peningkatan panjang gelombang serapan. Peningkatan panjang gelombang serapan menunjukkan terjadinya perpanjangan delokalisasi elektron.

2.8 Spektrofotometer

Spektrofotometri merupakan suatu metoda analisa yang didasarkan pada pengukuran serapan sinar monokromatis oleh suatu lajur larutan berwarna pada panjang gelombang spesifik dengan menggunakan monokromator prisma atau kisi difraksi dengan detektor *phototube*. Spektrofotometer adalah alat untuk mengukur

transmitan atau absorban suatu sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Komponen utama dari spektrofotometer yaitu (Saputra, 2009):

- Sumber cahaya, ada tiga macam sumber sinar yang dapat digunakan:
 - a. Lampu Nerst, dibuat dari campuran zirkonium oksida (38%) Itrium oksida (38%) dan erbijum oksida (3%)
 - b. Lampu globar dibuat dari silisium karbida (SiC)
 - c. Lampu Nikrom terdiri dari pita nikel krom dengan panjang gelombang 0,4 – 20 nm
- Pengatur Intensitas yang berfungsi untuk mengatur intensitas sinar yang dihasilkan oleh sumber cahaya agar sinar yang masuk tetap konstan.
- Monokromator berfungsi untuk mengubah sinar polikromatis menjadi sinar monokromatis sesuai yang dibutuhkan oleh pengukuran.
- Kuvet, pengukuran di daerah sinar tampak digunakan kuvet kaca dan daerah UV digunakan kuvet kuarsa.
- Detektor berfungsi untuk mengubah sinar menjadi energi listrik yang sebanding dengan besaran yang dapat diukur. Syarat-syarat ideal sebuah detektor adalah: Kepekaan yang tinggi, perbandingan isyarat atau signal terhadap bising tinggi, respon konstan pada berbagai panjang gelombang, waktu respon cepat dan signal minimum tanpa radiasi, signal listrik yang dihasilkan harus sebanding dengan tenaga radiasi.

2.9 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah :

1. Amobilisasi biomassa *A. microphylla* pada matriks polisilat dapat meningkatkan kekuatan mekanik, densitas, dan kekuatannya untuk dapat digunakan kembali.
2. Impregnasi kromium(III) pada biomassa *A. microphylla*-silika dapat menambah situs pengikatan positif dan diharapkan mampu meningkatkan kemampuan biomassa *A. microphylla* dalam mengadsorpsi zat warna anionik metil jingga.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang selama kurang lebih empat bulan mulai bulan Januari sampai April 2010.

3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan-bahan yang berderajat pro analisa, yaitu $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, HCl (37%, bj = 1,19 g/mL), NaOH , metil jingga, H_2SO_4 (95 – 97%), HNO_3 , Na_2SiO_3 , BaCl_2 , dan CH_3COOH (100%, bj = 1,05 g/ml). Bahan lain yang digunakan adalah biomassa *A. microphylla* kering yang diperoleh dari daerah Sumber Pucung Malang.

3.3 Alat

Alat yang dipergunakan dalam penelitian ini antara lain oven, ayakan (80, 100, 120, dan 150 mesh), labu erlenmeyer 100 mL, labu ukur (10 mL, 100 mL, 250 mL, 500 mL, dan 1000 mL), pH meter merk inoLab, pipet tetes, pipet volume 25 mL, pipet ukur 10 mL, gelas ukur 100 mL, gelas beker, pengaduk, mortar, shaker rotator type H-SR-200, timbangan merk Mettler PE 300, Spektrofotometer Serapan Atom Shimadzu AA-6200, Spektronik 20 Bausch & Lomb.

3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap yaitu:

1. Preparasi adsorben *A. microphylla*
2. Amobilisasi biomassa pada matriks polisilikat
3. Impregnasi kromium(III) ke dalam biomassa *A. microphylla*
4. Penentuan lama pengocokan optimum zat warna metil jingga terhadap adsorpsi biomassa *A. microphylla*
5. Penentuan pH optimum zat warna metil jingga terhadap adsorpsi biomassa *A. microphylla*

6. Penentuan konsentrasi optimum zat warna metil jingga terhadap adsorpsi biomassa *A. microphylla*
7. Analisis data

3.5 Cara Kerja

3.5.1 Preparasi adsorben *A. Microphylla*

Tumbuhan *A. microphylla* yang sudah kering, dikeringkan lagi dalam oven pada temperatur 60 °C. Setelah itu ditumbuk sampai halus kemudian diayak dengan ukuran 120-150 mesh. Partikel yang lolos 120 mesh diayak lagi menggunakan ayakan ukuran 150 mesh. Partikel biomassa yang tertahan oleh ayakan 150 mesh digunakan sebagai bahan penelitian. Selanjutnya dicuci dua kali menggunakan HCl 0,01 M, kemudian dicuci kembali dengan akuades sampai sama dengan pH akuades dan dikeringkan dalam oven pada temperatur 60 °C sampai berat konstan.

3.5.2 Amobilisasi biomassa pada matriks polisilikat

Sebanyak 75 mL larutan H₂SO₄ 5% dimasukkan ke dalam gelas beaker 500 mL dan sambil diaduk ditambahkan larutan Na₂SiO₃ 6% sampai pH larutan naik menjadi 2. Selanjutnya ditambahkan 5 g biomassa ke dalam larutan tersebut dan diaduk dengan pengaduk magnet selama 15 menit. Kemudian pH larutan dinaikkan dengan cara menambahkan larutan Na₂SiO₃ 6% sedikit demi sedikit sampai pH 7 dan membentuk gel. Gel polimer dicuci dengan akuades sampai filtrat tidak membentuk endapan ketika ditetesi dengan larutan BaCl₂. Gel polimer dengan biomassa yang sudah teramobilisasi dikeringkan pada temperatur 60 °C sampai berat tetap. Kemudian ditumbuk dan diayak untuk memperoleh ukuran partikel 80-100 mesh.

3.5.3 Impregnasi kromium(III) ke dalam biomassa *A. microphylla*-silika

Sebanyak 10 gram biomassa *A. microphylla* yang sudah diamobilisasi disiapkan dalam erlenmeyer 500 mL. Sebanyak 300 mL larutan kromium(III) 800 mg/L dengan pH 5 dimasukkan ke

dalam erlenmeyer yang telah berisi biomassa *A. microphylla*, kemudian dikocok selama 1 jam dengan kecepatan 120 rpm. Setelah itu suspensi disaring, filtrat yang terpisah dimasukkan ke dalam botol sampel dengan penambahan beberapa tetes HNO_3 pekat dan ditentukan konsentrasi kromium(III) dengan metode spektrofotometri serapan atom sedangkan residu yang tertinggal dikeringkan dalam oven pada temperatur 60 °C. Setelah dioven dimasukkan kedalam desikator kemudian ditimbang, perlakuan tersebut diulangi sampai didapatkan berat konstan.

3.5.4 Pengaruh lama pengocokan terhadap adsorpsi zat warna metil jingga oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III)

Sebanyak 0,1000 gram sampel *A. microphylla* (hasil kegiatan 3.5.3) disiapkan dalam erlenmeyer dan ditambahkan 25 mL larutan zat warna metil jingga 100 mg/L pada pH 3 (Nurani, 2010), dikocok menggunakan pengocok 120 rpm dengan variasi lama pengocokan 75, 90, 120, 150, dan 180 menit. Suspensi disentrifugasi pada 3000 rpm selama 5 menit, kemudian supernatan dipisahkan dan dipipet 1 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL dan ditambahkan dengan larutan pH 3 sampai tanda batas. Konsentrasi metil jingga sisa ditentukan dengan menggunakan *spectronic 20*.

3.5.5 Penentuan pH larutan terhadap adsorpsi zat warna metil jingga oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III)

Sebanyak 0,1000 gram sampel biomassa *A. microphylla* (hasil kegiatan 3.5.3) disiapkan dalam erlenmeyer dan ditambahkan 25 mL larutan zat warna metil jingga 100 mg/L pH 2, 3, 4, dan 5 yang diatur dengan HCl dan NaOH dengan berbagai konsentrasi, kemudian dikocok menggunakan pengocok selama 120 menit (hasil kegiatan 3.5.4). Suspensi disentrifugasi pada 3000 rpm selama 5 menit, kemudian supernatan dipisahkan dan dipipet 1 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL dan ditambahkan dengan larutan pH 3 sampai tanda batas. Selanjutnya ditentukan konsentrasi zat warna metil jingga sisa dengan menggunakan *spectronic 20*.

3.5.6 Penentuan konsentrasi larutan terhadap adsorpsi zat warna metil jingga oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III)

Sebanyak 0,1000 gram sampel biomassa *A. microphylla* (hasil kegiatan 3.5.3) disiapkan dalam erlenmeyer, dimasukkan 25 mL larutan zat warna metil jingga 50, 75, 100, 125, 150 mg/L pada pH optimum (hasil kegiatan 3.5.5) kemudian dikocok menggunakan pengocok selama 120 menit (hasil kegiatan 3.5.4). Suspensi disentrifugasi pada 3000 rpm selama 5 menit, kemudian supernatan dipisahkan dan dipipet 1 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL dan ditambahkan dengan larutan pH 3 sampai tanda batas. Konsentrasi metil jingga sisa ditentukan konsentrasinya menggunakan *spectronic 20*.

3.6 Analisa Data

3.6.1 Penentuan jumlah kromium(III) terimpregnasi

Konsentrasi kromium(III) yang diimpregnasi ke dalam biomassa *A. microphylla* dapat ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{kromium(III) terimpregnasi} = \frac{(C_o - C_s)}{C_o} \times 100 \%$$

Dimana : C_o = konsentrasi kromium(III) sebelum adsorpsi (mg/L)

C_s = konsentrasi kromium(III) sesudah adsorpsi (mg/L)

3.6.2 Penentuan jumlah metil jingga teradsorpsi oleh biomassa

Dari data lama pengocokan, variasi pH larutan, dan variasi konsentrasi metil jingga terhadap adsorpsi biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III) dapat dihitung jumlah metil jingga yang teradsorpsi oleh biomassa sebagai berikut:

$$\text{metil jingga teradsorpsi (mg/g)} = \frac{(C_o - C_s) \times V \text{ total larutan}}{W \text{ biomassa}}$$

Dimana : C_o = konsentrasi zat warna metil jingga sebelum adsorpsi (mg/L)

C_s = konsentrasi zat warna metil jingga sesudah adsorpsi (mg/L)

V = volume total larutan (L)

W = berat biomassa (g)

3.6.3 Uji statistik

Data pengaruh lama pengocokan, pH awal, dan konsentrasi metil jingga dianalisa menggunakan uji ANOVA dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT). Representasi data pengaruh lama pengocokan, pH awal, dan konsentrasi metil jingga disajikan pada Tabel 3.6.6.2.

Tabel 3.6.3.1 Analisa ragam

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

Tabel 3.6.3.2 Analisa sidik 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 :

$$JumlahKuadratPerlakuan(JKP) = \frac{\sum(\sum Y_i)}{n} - FK$$

$$JumlahKuadratTotal(JKT) = \sum \sum Y_i^2 - FK$$

$$JumlahKuadratGalat(JKG) = JKT - JKP$$

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

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

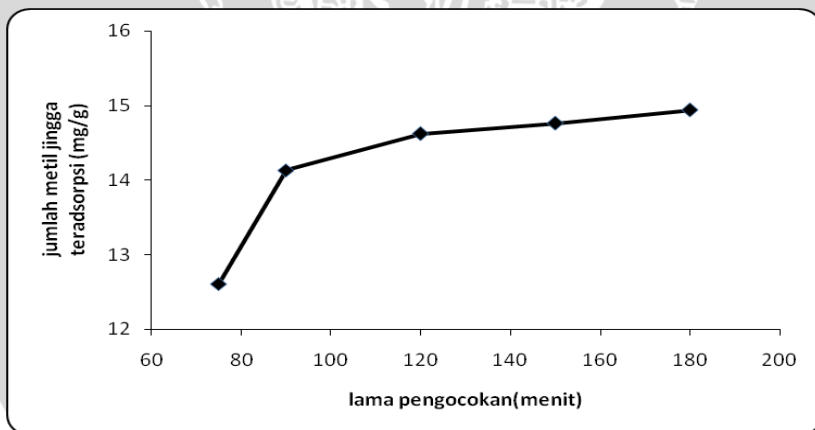
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Lama Pengocokan terhadap Adsorpsi Zat Warna Metil Jingga oleh Biomassa *A. microphylla*-Silika Diimpregnasi Kromium(III)

Pengocokan menyebabkan zat warna metil jingga terus berinteraksi dengan biomassa *A. microphylla*-silika yang diimpregnasi kromium(III). Waktu kontak antara zat warna metil jingga dengan biomassa diperlukan untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi. Tanpa pengocokan adsorpsi metil jingga oleh biomassa akan lambat.

Penentuan lama pengocokan terhadap adsorpsi metil jingga oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III) dilakukan dengan menggunakan metode *batch* pada variasi 75, 90, 120, 150, dan 180 menit. Hubungan antara jumlah metil jingga yang teradsorpsi oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III) dengan lama pengocokan ditunjukkan Gambar 4.1



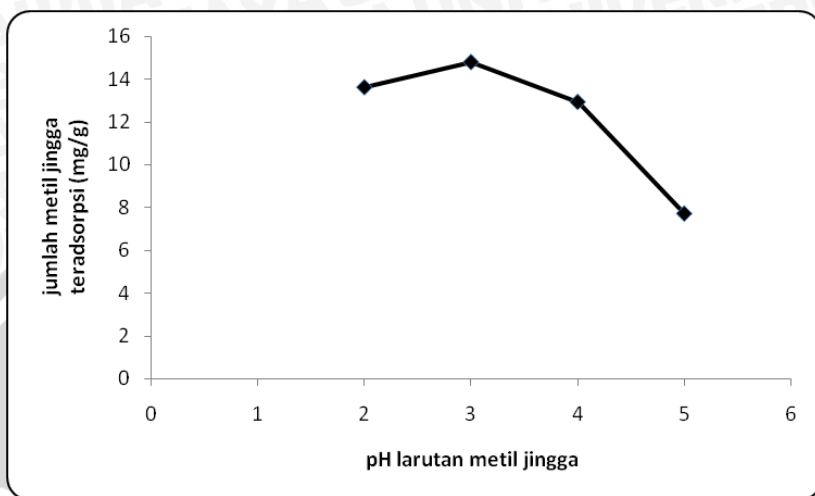
Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Lama Pengocokan terhadap Adsorpsi Metil Jingga oleh Biomassa *A. microphylla*-Silika Diimpregnasi Kromium(III) (Konsentrasi 100 mg/L, Berat Biomassa 0,1000 gram)

Berdasarkan hasil uji statistik yang dilakukan pada taraf nyata 0,05 didapatkan F hitung 180,09 lebih besar dari F tabel yaitu 3,48. Sehingga dapat diketahui bahwa lama pengocokan berpengaruh terhadap adsorpsi metil jingga oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III). Uji BNT menunjukkan bahwa pada lama pengocokan 75 dan 90 menit berbeda nyata tetapi pada lama pengocokan 120, 150, dan 180 tidak beda nyata, sehingga dapat diketahui bahwa adsorpsi optimum metil jingga terjadi pada lama pengocokan 120 menit dengan jumlah metil jingga yang teradsorpsi sebesar 14,62 mg/g karena pada lama pengocokan 90 – 120 menit terdapat beda nyata.

Hasil penelitian yang ditunjukkan oleh Gambar 4.1 menunjukkan jumlah metil jingga teradsorpsi meningkat dari lama pengocokan 75 menit sampai 180 menit, tetapi berdasarkan uji BNT pada lama pengocokan 120 menit sampai 180 menit tidak berbeda nyata sehingga kenaikan jumlah metil jingga teradsorpsi pada lama pengocokan 120 menit sampai 180 menit mempunyai pengaruh yang kecil terhadap adsorpsi metil jingga oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III). Pengocokan dapat meningkatkan intensitas interaksi antara adsorbat dengan adsorben, hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya jumlah metil jingga yang teradsorpsi biomassa *A. microphylla* pada lama pengocokan 75 menit sampai dengan 90 menit. Jumlah metil jingga teradsorpsi relatif konstan pada lama pengocokan 120 menit sampai 180 menit disebabkan oleh meningkatnya jumlah metil jingga yang mengalami desorpsi. Ini menunjukkan bahwa pada lama pengocokan 120 menit telah terjadi kesetimbangan.

4.2 Pengaruh pH Larutan terhadap Adsorpsi Metil Jingga oleh Biomassa *A. microphylla*-Silika Diimpregnasi Kromium(III)

Adsorpsi zat warna metil jingga oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregasi kromium(III) sangat dipengaruhi oleh pH. Hasil penelitian mengenai pengaruh pH larutan terhadap adsorpsi metil jingga oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III) ditunjukkan oleh Gambar 4.2. Berdasarkan Gambar 4.2 dapat diketahui hubungan antara jumlah metil jingga yang teradsorpsi oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III) dengan pH larutan metil jingga.



Gambar 4.2 Grafik Pengaruh pH Larutan Terhadap Adsorpsi Metil Jingga oleh Biomassa *A. microphylla*-Silika Diimpregnasi Kromium(III) (Konsentrasi 100 mg/L, Berat Biomassa 0,1000 gram)

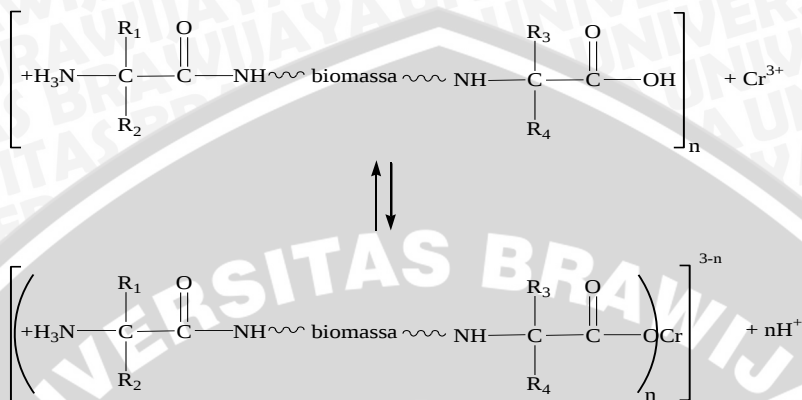
Dari uji statistik yang dilakukan pada taraf nyata 0,05 didapatkan F hitung lebih besar daripada F tabel ($53,5718 > 4,0662$). Hal ini menunjukkan bahwa variasi pH 2, 3, 4, dan 5 berpengaruh pada adsorpsi metil jingga oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III). Berdasarkan uji BNT dapat diketahui bahwa pH 2 dan 3 tidak berbeda nyata, tetapi pada pH 4 dan 5 berbeda nyata. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pH 3 merupakan pH optimum untuk adsorpsi metil jingga oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III).

Saat adsorpsi terjadi pada pH 2 dan pH 3 gugus amino protein *Azolla* yang mempunyai pKa lebih besar dari 8 berada dalam keadaan terprotonasi ($-\text{NH}_3^+$) (Montgomery dkk., 1993), sehingga perbedaan jumlah metil jingga yang teradsorpsi oleh biomassa terjadi pada kedua kondisi pH tersebut bukan disebabkan oleh gugus aktif $-\text{NH}_3^+$. Pada pH 2, diduga sebagian molekul metil jingga berada dalam bentuk terprotonasi. Muatan positif pada metil jingga menyebabkan adanya gaya tolak antara biomassa dengan metil

jingga, sehingga jumlah metil jingga yang teradsorpsi oleh biomassa pada pH 2 lebih kecil daripada pH 3.

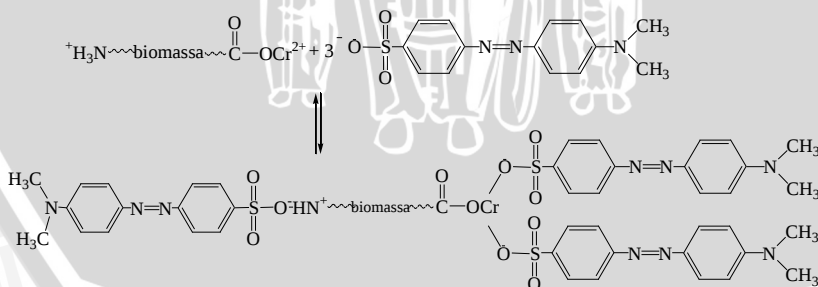
Gugus karboksil berperan penting dalam pengikatan ion logam kromium(III). Menurut Gardea-Torresdey *dkk.*, (1996) gugus karboksil memiliki tetapan ionisasi (pK_a) antara 3-4. Pada pH 3 gugus karboksil akan terprotonasi ($-COOH$) dan diatas pH 4 akan terdeprotonasi ($-COO^-$) serta bermuatan negatif. Gugus karboksil yang terdeprotonasi ($-COO^-$) pada ujung protein berperan dalam impregnasi kromium(III) melalui proses adsorpsi. Pada pH lebih kecil dari 3, gugus karboksil terprotonasi ($-COOH$) sehingga dapat menurunkan kemampuannya dalam mengikat ion logam. Pada pH lebih tinggi dari 4, gugus karboksil mengalami deprotonasi membentuk ion karboksilat ($-COO^-$) sehingga kemampuannya meningkat dalam mengikat ion logam. Meningkatnya kemampuan biomassa dalam mengikat ion logam kromium(III) mengakibatkan semakin meningkatnya muatan positif biomassa, sehingga kemampuan biomassa dalam mengadsorpsi zat warna anionik akan semakin meningkat. Impregnasi kromium(III) ke dalam biomassa dilakukan pada pH 5 sebab ikatan maksimum yang dapat terjadi antara biomassa dengan ion logam terjadi pada pH 5 dan 6. Semakin tinggi pH larutan maka gugus karboksilat akan terdeprotonasi, sehingga jumlah ion COO^- yang terbentuk pada biomassa juga semakin tinggi. Mekanisme interaksi antara gugus karboksil pada biomassa-silika diimpregnasi kromium(III) ditampilkan pada Gambar 4.2.1.

Pada Gambar 4.2.1 kromium(III) bermuatan $3+$ yang akan berikatan dengan n gugus karboksilat pada biomassa, sehingga muatan gugus karboksilat yang berikatan dengan kromium(III) $3-n$. Jika n sebesar 1 maka ikatan antara 1 gugus karboksilat dengan kromium akan meningkatkan muatan positif pada biomassa sebesar 2. Metil jingga yang bermuatan negatif diharapkan akan terikat pada kromium(III) yang telah terimpregnasi dan pada gugus amino yang terprotonasi pada biomassa. Mekanisme interaksi antara metil jingga dengan biomassa yang telah terimpregnasi kromium(III) ditampilkan pada Gambar 4.2.2



Gambar 4.2.1 Mekanisme Interaksi antara Metil Jingga dengan Biomassa yang telah Diimpregnasi Kromium(III)

Kondisi optimum adsorpsi metil jingga oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III) terjadi pada pH 3. Dimana metil jingga telah terdeprotonasi sehingga tidak terdapat gaya tolak antara biomassa dengan metil jingga. Semakin tinggi pH, metil jingga cenderung berada dalam bentuk anionik, sehingga turunya jumlah metil jingga yang teradsorpsi oleh biomassa pada pH 4 dan pH 5 bukan disebabkan oleh sifat adsorbat, melainkan oleh sifat adsorben. Besar kemungkinan, turunya jumlah metil jingga yang teradsorpsi pada pH 4 dan pH 5 tersebut disebabkan oleh turunya peran kromium(III) dalam mengadsorpsi metil jingga.



Gambar 4.2.2 Mekanisme Interaksi antara Gugus Karboksil pada Biomassa-Silika Diimpregnasi Kromium(III)

Pada pH 4 dan pH 5, kromium kationik yang diikat oleh biomassa dapat mengalami hidrolisis, semakin tinggi pH semakin besar pula kromium yang terhidrolisis. Hidrolisis kromium inilah yang menyebabkan turunnya jumlah metil jingga yang teradsorpsi oleh biomassa pada pH 4 dan pH 5. Selain itu pada pH tinggi gugus amino diduga mulai mengalami deprotonasi sehingga muatannya ternetralkan ($-NH_2$) yang menyebabkan jumlah metil jingga yang teradsorpsi menurun tajam. Turunnya muatan kromium(III) menyebabkan menurunnya interaksi elektrostatis antara kromium(III) terhidrolisis dan gugus karboksilat walaupun jumlah gugus karboksilat yang tersedia meningkat.

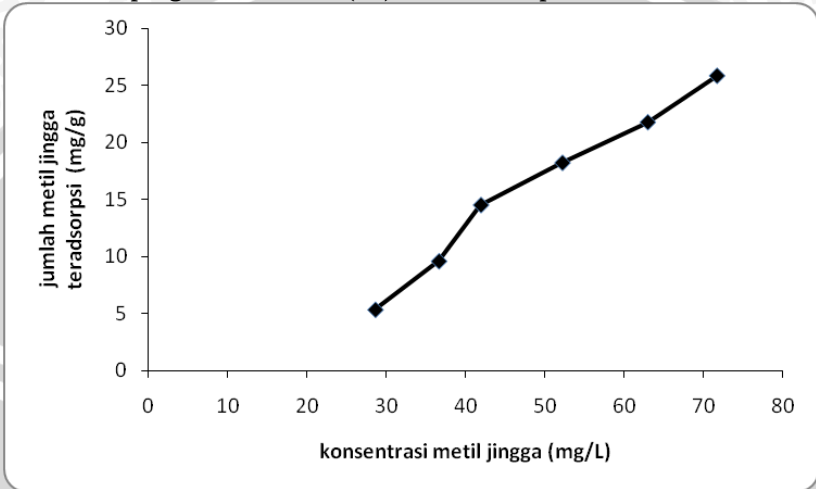
Berdasarkan tinjauan pustaka dapat diketahui bahwa pada *A. microphylla* terdapat senyawa-senyawa phenol (flavonoid, kumarin, phloroglucinol, dan asam hidroksisinamik), hemi-, di-, atau sesquiterpena glikosida, β -alkaloid karbolin, dan karatenoid (Fons dkk., 2010). Oleh karena itu, perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai senyawa-senyawa selain protein yang dapat berperan dalam proses adsorpsi.

4.3 Pengaruh Konsentrasi terhadap Adsorpsi Metil Jingga oleh Biomassa *A. microphylla* Teramobilisasi yang Diimpregnasi Kromium(III)

Pengaruh konsentrasi perlu dilakukan untuk menentukan jumlah metil jingga yang teradsorpsi oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III), sebab setiap biomassa memiliki kemampuan yang berbeda dalam proses adsorpsi zat warna anionik. Proses penentuan ini dilakukan pada kondisi optimum yaitu pada pH 3 dan lama pengocokan 120 menit. Variasi konsentrasi metil jingga yang dilakukan yaitu 50 mg/L, 75 mg/L, 100 mg/L, 125 mg/L, 150 mg/L dan 175 mg/L. Hasil penelitian tentang pengaruh konsentrasi terhadap jumlah metil jingga yang teradsorpsi oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III) disajikan pada Gambar 4.3

Dari uji statistik yang dilakukan dengan menggunakan taraf nyata 5% didapatkan F hitung lebih besar dari F tabel ($3953,3176 > 3,1059$) sehingga dapat diketahui bahwa variasi konsentrasi memiliki pengaruh yang nyata terhadap jumlah metil jingga yang teradsorpsi oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi

kromium(III). Berdasarkan uji BNT pada konsentrasi 50 mg/L sampai 175 mg/L berbeda nyata. Sehingga dapat disimpulkan bahwa konsentrasi optimum metil jingga oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III) belum tercapai.



Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Konsentrasi Larutan Metil Jingga Terhadap Adsorpsi Metil Jingga oleh Biomassa *A. microphylla*-Silika Diimpregnasi Kromium(III) (pH 3, Berat Biomassa 0,1000 gram)

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa variasi konsentrasi metil jingga berpengaruh terhadap jumlah metil jingga yang teradsorpsi oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III). Jumlah metil jingga yang teradsorpsi oleh biomassa terus meningkat seiring dengan terjadinya peningkatan konsentrasi metil jingga dalam larutan yaitu sebesar 5,36 mg/g; 9,60 mg/g; 14,80 mg/g; 18,96 mg/g; 21,76 mg/g; dan 25,82 mg/g. Dari data yang diperoleh dapat diasumsikan bahwa adsorpsi dapat terjadi secara monolayer maupun multilayer. Kedua asumsi tersebut didasarkan pada grafik yang belum menunjukkan adanya titik belok dimana laju adsorpsi lebih tinggi daripada laju desorpsi. Adsorpsi dimungkinkan terjadi secara multilayer karena adanya gaya elektrostatis dan gaya hidrogen antara metil jingga dengan biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III).

Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III) mampu mengadsorpsi metil jingga pada lama pengocokan 120 menit dan pH 3. Gugus -NH_3^+ dan gugus karboksil (-COOH) dari protein yang terkandung dalam biomassa diduga kuat berperan penting pada pengikatan metil jingga. Gugus karboksil (-COOH) pada saat pH tinggi mengalami deprotonasi menjadi gugus karboksilat (-COO^-). Keberadaan gugus anionik (-COO^-) tersebut berpotensi menurunkan interaksi antara metil jingga dengan gugus -NH_3^+ . Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa jika jumlah gugus (-COO^-) bebas dalam biomassa dikurangi akan meningkatkan kemampuan adsorpsi biomassa terhadap metil jingga.



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa lama pengocokan, pH larutan, dan variasi konsentrasi zat warna metil jingga berpengaruh terhadap adsorpsi metil jingga oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III). Kondisi optimum adsorpsi metil jingga oleh biomassa terjadi pada lama pengocokan 120 menit dan pH larutan 3.

5.1 Saran

Perlu diadakan pengkajian lebih lanjut mengenai konsentrasi awal metil jingga yang lebih tinggi agar didapatkan jumlah metil jingga yang teradsorpsi maksimum, serta penelitian tentang senyawa-senyawa selain protein di dalam *A. microphylla* yang dapat berperan dalam proses adsorpsi.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen S. J., B. Koumanova, 2005, Decolourisation of Water/Wastewater Using Various Adsorption, Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgi, 4(3):175-192
- Clark, Jim, 2007, Spektra Serapan Sinar UV-Tampak. <http://www.chem-is-try/wp-content/mig>. diakses tanggal 19 November 2009
- Amaria, Suyono, Cahyaningrum, Sari, E., 2003, Pemanfaatan *Saccharomyces cereviceae* dari Limbah Industri Bir Sebagai Bahan Penyerap Kation Timbal Dalam Medium air, Lembaga Penelitian, Universitas Negeri Surabaya
- Brodelius, P.E., 1985, Immobilized Plant Cells, in: Enzymes and Immobilized Cell in Biotechnology, (Laskin, A.I., ed.), 109-148, The Benjamin / Commings Publishing Company, Inc., London.
- Christina, M., Mu'nisatun., Rany S. dan Djoko M., 2007, Studi Pendahuluan Mengenai Degradasi Zat Warna Azo (Metil Orange) dalam Pelarut Air Menggunakan Mesin Berkas Elektron 350 keV/10mA, *jfn*, vol.1(1)
- Djojosuwito, S., 2000, Azolla Pertanian Organik dan Multiguna, Kanisius, Yogyakarta
- Fons Françoise, Didier Froissard, Jean-Marie Bessiere, Bruno Buatois, dan Sylvie Rapior, 2010, Biodiversity of Volatile Organic Compounds from five French Ferns, Vol. 5, No. 1-3

Forgacs, E.; Cserhatia, T.; Oros, G., 2004. Removal of Synthetic Dyes from Wastewaters: a review. *Environ. Int.*, 30:953-971

Gamez, G.K., Dokken, K.J., Tieman, I., Herrera, M.J., Yacamán, M.W., Renner, L.R., Furenlid dan J.L Gardea-Torresdey, 1999, Spectroscopic Studies of Gold(III) Binding to *Alfalfa* Biomass, Proceeding of the 1999 Conference on Hazrdous Waste Research

Gardea-Torresdey, J.L., K.J. Tiemann, J.H. Gonzalez, O. Rodriguez, dan G. Gamez, 1998, Phytofiltration of Hazardous Cadmium, Chromium, Lead and Zinc Ions by Biomass of *Medicago sativa* (alfalfa), *J. Hazard. Mater.*, 57(29)

Gardea-Torresdey, J. L., G. de la Rosa, dan J. R. Peralta-Videa, 2004, Use of Phytofiltration Technologies in the Removal of Heavy Metals, *Pure Appl. Chem.*, 76(4):801–813

Goksungur, Y., Uren, S., dan Guvenc, U., 2002, Biosorption of Copper Ions By Caustic Treated Waste Baker's Yeast Biomass, *Turk J Biol* 27:23-29

Harris dan Ramelow, 1990, Binding of Metal Ions by Particulate Quadricauda, *Environ. Sci.* 627-652

Haris Mas Rosemal H., Mas dan Kathiresan Sathasivam, 2009, The Removal of Methyl Red from Aqueous Solutions Using Banana Pseudostem Fibers, *American Journal of Applied Sciences* 6 (9): 1690-1700, ISSN 1546-9239

Henisch, H. K., 1988, *Crystal in Gel and Lisegang Rings*, Press Syndicate of the University og Cambridge, Melbourne

Ho, Y.S., dan Chiang, C.C., (2001), Sorption Studies of Acid Dye by Mixed Sorbents, *Adsorption-Journal of the International Adsorption Society*, 7:139-147

Khan, S. M., 1988, *A Primer on Azolla Production in China, Nitrogen and Rice*, IRRI

Kim, T.Y, S.K. Park, S.Y.Cho, H.B. Kim, Y. Kang, S.D. Kim dan S.J. Kim, 2005, Adsorption of Heavy Metals by Brewery Biomass. *Korean Journal Chem. English*, 22:91-98

Kim,T.Y., Byoung Jun Min, Se Young Choi, Seung Shik Park, 2008, Separation Characteristics of Reactive Orange Dye from Aqueous Solution Using Biosorbent, *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2008 WCECS 2008*, October 22 - 24, San Francisco, USA, ISBN: 978-988-98671-0-2

Lestari, S., 2002, Pengaruh pH dan Konsentrasi Awal terhadap Adsorpsi Tembaga oleh *Saccaromyces cerevisiae* yang Terimobilisasi pada Silika Gel, Yogyakarta : Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, UGM

Lumpkin, T.A. dan D.L. Plucnet, 1980, *Azolla: Botanyphysiology and Use Green Manure*, Economic Botany West Vilae Tropical Agricultural

Mao Juan, Sung Wook Won, Sun Beom Choi, Min Woo Lee, Yeoung-Sang Yun, 2009, Surface Modification of the *Corynebacterium glutamicum* Biomass to Increase Carboxyl Binding Site for Basic Dye Molecules, *Biochemical Engineering Journal* 46:1–6

- Maurya, NS, Mittal AK, Cornel P, Rother E., 2006, Biosorption of Dyes Using Dead Macro Fungi: Effect of Dye Structure, Ionic Strength and pH. *Bioresour. Technol.* 97:512-521
- 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. Hal. 80-82.
- Ncibi, M.C., M. Mahjoub dan Seffen, 2007, Adsorptive Removal of Textile Reactive Dye using *Posidonia oceanica* (L.) Fibrous Biomass, *International Journal Environmental Sci.* 4(4):433-440
- Nurani, F., 2010, Adsorpsi Zat Warna Anionik Metil Jingga Menggunakan Biomassa *Azolla microphylla* Terimpregnasi Kromium(III), *Skripsi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang
- 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
- Romero-González J., J.R. Peralta-Videa, E. Rodríguez, M. Delgado, J.L. Gardea-Torresdey, 2005, Potential of Agave lechuguilla Biomass for Cr(III) Removal from Aqueous Solutions: Thermodynamic Studies, *Bioresource Technology* 97:178–182
- Santhi T., S. Manonmani dan S. Ravi, 2009, Uptake of Cationic Dyes from Aqueous Solution by Biosorption onto Granular *Muntingia calabura*, *ISSN: 0973-4945*; Coden Ecjha, *E-Journal of Chemistry*, 6(3):737-742

Sadhasivam S, Savitha S dan Swaminathan K., 2007, Exploitation of *Trichoderma harzianum* Mycelia Waste for The Removal of Rhodamine 6G from Aqueous Solution, J Environ Manage, 85:155-161

Saputra , Y. Edy, 2009, SPEKTROFOTOMETRI, http://chem-is-try/Spektrofotometri_Chem-Is-Try.Org_Situs-Kimia-Indonesia_.htm, diakses tanggal 05 November 2009

Sharma Indu dan Dinesh Goyal, 2009, Kinetic Modeling: Chromium(III) Removal from Aqueous Solution by Microbial Waste Biomass, Journal of Scientific & Industrial Research, Vol. 68:640-646

Sivarajasekar N., R. Baskar, V. Balakrishnan, 2009, Biosorption Of An Azo Dye From Aqueous Solutions Onto *Spirogyra*, Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy, 44(2):157-164

Subasioglu Tugba dan I. S. Bilkay, 2009, Determination of Biosorption Conditions of Methyl Orange by *Humicola fuscoatra*, Journal of Scientific & Industrial Research, Vol. 68:1075-1077

Suryati, L., 2007, Pemisahan Kromium(iii) dari Media Air Menggunakan Biomassa *Azolla pinnata* yang Diamobilisasi pada Matriks Polisilikat, *Skripsi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang

Tan W.T., N.Y. Choong dan C.K Lee, 1993, Removal of Chromium(III) from Aqueous Solution by Coconut Husk and Rice Straw, *Pertanika J. Sci. & Technol.* 1(2): 179-184, ISSN: 0128-7680

Venkat Mohan, S., Krishna Mohan, S., Karthikeyan, J., (2000). Adsorption Mechanism of Acid-Azo Dye from Aqueous Solution Onto Coal/Coal based Sorbents and Activated Carbon: A Mechanist Study. in: Jayarama Reddy, S. (ed.) Analytical techniques in Monitoring the Environment. Tirupathi, India, Student Offset Printers

Won Sung Wook, Hyung Joong Yun, Yeoung-Sang Yun, 2009, Effect of pH on the Binding Mechanisms in Biosorption of Reactive Orange 16 by *Corynebacterium glutamicum*, Journal of Colloid and Interface Science 331:83–89



LAMPIRAN I

Perhitungan dan Preparasi Larutan

L.1.1 Pembuatan 1000 mL larutan kromium(III) 1000 mg/L

Larutan Cr(III) 1000 mg/L sebanyak 1000 mL dibuat dengan melarutkan 5,126 g padatan $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ menjadi 1000 mL berdasarkan perhitungan berikut:

$$\text{Ar Cr(III)} = 52 \text{ g/mol}$$

$$\text{Mr CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = 266,5 \text{ g/mol}$$

$$1000 \text{ mg/L Cr(III)} = \frac{x \text{ mg}}{1\text{L}}$$

$$x = 1000 \text{ mg}$$

Sehingga $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ yang ditimbang adalah:

$$\text{berat Cr} = \frac{\text{Ar Cr}}{\text{Mr CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}} \times \text{berat CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$$

$$1000 \text{ mg} = \frac{52}{266,5} \times \text{berat CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$$

$$\text{berat CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = \frac{1000 \text{ mg}}{0,1951}$$

$$\text{berat CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = 5125,6 \text{ mg} = 5,1256 \text{ g} \approx 5,126 \text{ g}$$

L.1.2 Pembuatan 1000 mL larutan metil jingga 100 mg/L

$$1000 \text{ mg/L metil jingga} = \frac{x \text{ mg}}{1\text{L}}$$

$$x = 1000 \text{ mg}$$

Sehingga metil jingga yang ditimbang adalah 1000 mg

L.1.3 Pembuatan 500 mL larutan metil jingga 100 mg/L dari larutan metil jingga 1000 mL

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

$$1000 \text{ mg/L} \times V_1 = 100 \text{ mg/L} \times 500 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mg} / \text{L} \times 500 \text{ mL}}{1000 \text{ mg} / \text{L}}$$

$$V_1 = 50 \text{ mL}$$

Jadi larutan metil jingga 1000 mg/L yang dipipet adalah 50 mL

L.1.4 Pembuatan 100 mL larutan metil jingga 100 mg/L pada berbagai pH

Pembuatan 100 mL larutan metil jingga 100 mg/L pH 2 dari larutan metil jingga 1000 mg/L

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

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

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

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

Jadi larutan metil jingga 1000 mg/L yang dipipet adalah 10 mL

L.1.5 Pembuatan larutan standart

L.1.5.1 Contoh pembuatan larutan standar metil jingga berbagai konsentrasi

Pembuatan 10 mL larutan metil jingga 10 mg/L pada pH 3 dari larutan metil jingga 100 mg/L

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

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

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

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

Jadi larutan metil jingga 100 mg/L yang dipipet adalah 1 mL

L.1.5.2 Contoh pembuatan larutan standar kromum(III) berbagai konsentrasi

Pembuatan 100 mL larutan Cr(III) 5 mg/L dari larutan Cr(III) 100 mg/L

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

$$100 \text{ mg/L} \times V_1 = 5 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{5 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}}{100 \text{ mg/L}}$$

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

Jadi larutan Cr(III) 100 mg/L yang dipipet adalah 5 mL

L.1.6 Pembuatan 500 mL larutan HCl 0,1 M

Larutan HCl 0,1 M, 500 mL dibuat dengan dengan memipet 4,1 mL HCl 37% menjadi 500 mL larutan berdasarkan perhitungan berikut:

$$\begin{aligned} \text{Mol HCl} &= M \times V \\ &= 0,1 \text{ mol/L} \times 0,5 \text{ L} \\ &= 0,05 \text{ mol} \\ \text{Massa HCl} &= \text{mol} \times \text{BM} \\ &= 0,05 \text{ mol} \times 36,46 \text{ g/mol} \\ &= 1,823 \text{ gram} \end{aligned}$$

Jadi volume HCl 37% yang diperlukan adalah

$$\begin{aligned} \text{Volume HCl} &= \frac{\text{massa}}{\% \times b_j} \\ &= \frac{1,823 \text{ gram}}{0,37 \times 1,19 \text{ g/mL}} = 4,14 \text{ mL} \quad 4,1 \text{ mL} \end{aligned}$$

L.1.7 Pembuatan 500 mL larutan HCl 0,01 M dari larutan HCl 0,1 M

$$\begin{aligned} M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\ 0,1 \text{ M} \times V_1 &= 0,01 \text{ M} \times 500 \text{ mL} \\ V_1 &= \frac{0,01 \text{ M} \times 500 \text{ mL}}{0,1 \text{ M}} \end{aligned}$$

$$V_1 = 50 \text{ mL}$$

Jadi volume HCl 0,1 M yang dipipet adalah 50 mL

L.1.8 Perhitungan dan pembuatan larutan NaOH 0,1 M 500 mL

$$\begin{aligned} \text{Mol NaOH} &= M \times V \\ &= 0,1 \text{ M} \times 0,5 \text{ L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,05 \text{ mol} \\
 \text{Massa NaOH} &= \text{mol} \times \text{Mr} \\
 &= 0,05 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} \\
 &= 2 \text{ g}
 \end{aligned}$$

Untuk pembuatan larutan NaOH 0,1 M 500 mL, maka ditimbang padatan NaOH sebanyak 2 gram dan dilarutkan dalam gelas beaker. Kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 500 mL dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas.

L.1.9 Pembuatan 500 mL NaOH 0,01 M dari NaOH 0,1M

$$\begin{aligned}
 M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\
 0,1 \text{ M} \times V_1 &= 0,01 \text{ M} \times 500 \text{ mL} \\
 V_1 &= \frac{0,01 \text{ M} \times 500 \text{ mL}}{0,1 \text{ M}} \\
 V_1 &= 50 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

Jadi volume NaOH 0,1 M yang dipipet adalah 50 mL

L.1.10 Pembuatan H₂SO₄ 5% 100 mL

$$\begin{aligned}
 M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\
 96 \% \times V_1 &= 5 \% \times 100 \text{ mL} \\
 V_1 &= \frac{5\% \times 100 \text{ mL}}{96\%} \\
 V_1 &= 5,2 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

Untuk pembuatan H₂SO₄ 5% 100 mL, maka dipipet larutan H₂SO₄ 96% sebanyak 5,2 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL yang sudah berisi sedikit akuades, kemudian diencerkan dengan akuades sampai tanda batas.

L.1.11 Pembuatan larutan Na₂SiO₃ 6%

Pembuatan larutan Na₂SiO₃ 6% dilakukan dengan melarutkan 6 g padatan Na₂SiO₃ dengan akuades, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas.

L.1.12 Pembuatan 100 mL larutan CH₃COOH 1 M

Larutan CH₃COOH 1 M, 100 mL dibuat dengan melarutkan 5,8 mL CH₃COOH glasial menjadi 100 mL larutan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Mol CH}_3\text{COOH} &= M \times V \\ &= 1 \text{ mol/L} \times 0,1 \text{ L} \\ &= 0,1 \text{ mol}\end{aligned}$$

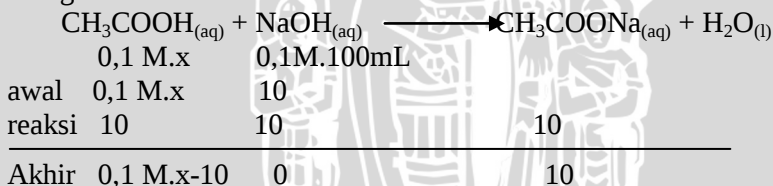
$$\begin{aligned}\text{Massa CH}_3\text{COOH} &= \text{mol} \times \text{BM} \\ &= 0,1 \text{ mol} \times 60,5 \text{ g/mol} \\ &= 6,05 \text{ gram}\end{aligned}$$

Jadi volume CH₃COOH glasial yang diperlukan adalah:

$$\begin{aligned}\text{Volume CH}_3\text{COOH} &= \frac{\text{massa}}{\% \times \text{bj}} \\ &= \frac{6,05 \text{ gram}}{1 \times 1,05 \text{ g/mL}} = 5,76 \text{ mL} \approx 5,8 \text{ mL}\end{aligned}$$

L.1.13 Pembuatan larutan buffer pH 5

Larutan buffer asetat pH 5 dibuat dari campuran larutan CH₃COOH 0,1 M dengan larutan NaOH 0,1 M dengan reaksi sebagai berikut:



Rumus perhitungan buffer pH 5 adalah :

$$\text{pH} = \text{pKa CH}_3\text{COOH} + \log \frac{[\text{CH}_3\text{COONa}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$$\begin{aligned}\log \frac{[\text{CH}_3\text{COONa}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} &= \text{pH} - \text{pKa CH}_3\text{COOH} \\ &= 5,00 - 4,74\end{aligned}$$

$$\frac{[\text{CH}_3\text{COONa}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = 10^{0,26} = 1,82$$

Jadi larutan CH_3COOH 0,1 M yang dibutuhkan sebanyak :

$$1,82 = \frac{10}{(0,1x - 10)}$$

$$0,182x - 18,2 = 10$$

$$x = \frac{28,2}{0,182}$$

$$x = 155 \text{ mL}$$

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



LAMPIRAN 2

Pembuatan Larutan

L.2.1 Pembuatan 1000 mL larutan kromium(III) 1000 mg/L

Padatan $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ditimbang sebanyak 5,126 g di atas gelas arloji, kemudian dipindahkan ke dalam gelas kimia 100 mL dan dilarutkan dengan akuades secukupnya. Setelah itu larutan dipindahkan ke dalam labu ukur 1000 mL dan ditambah akuades hingga tanda batas, dikocok sampai larutan menjadi homogen.

L.2.2 Pembuatan 1000 mL larutan metil jingga 1000 mg/L

Padatan metil jingga ditimbang sebanyak 1000 mg di atas gelas arloji, kemudian dipindahkan ke dalam gelas beker dan dilarutkan dengan akuades secukupnya. Setelah itu larutan dipindahkan ke dalam labu ukur 1000 mL dan ditambah akuades hingga tanda batas, dikocok sampai larutan menjadi homogen.

L.2.3 Pembuatan 500 mL larutan metil jingga 100 mg/L dari larutan metil jingga 1000 mL

Larutan metil jingga 1000 mg/L dipipet sebanyak 50 mL ke dalam labu ukur 500 mL dan ditandabatkan menggunakan akuades sehingga diperoleh larutan Cr(III) 100 mg/L sebanyak 500 mL.

L.2.4 Pembuatan 100 mL larutan metil jingga 100 mg/L pada berbagai pH

Larutan metil jingga 100 mg/L masing-masing pada pH 2, 3, 4 dan 5 sebanyak 100 mL dibuat dengan cara memipet larutan metil jingga 1000 mg/L sebanyak 10 mL ke dalam gelas beker 100 mL, kemudian diatur pH 2, 3, 4 dan 5 menggunakan HCl dan NaOH berbagai konsentrasi. Setelah itu dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan larutan pH 2, 3, 4 dan 5 sampai tanda batas.

Pembuatan larutan metil jingga 100 mg/L pH 2, 3, 4 dan 5 dapat dilihat pada Tabel L.2.4

Tabel L.2.4 Pembuatan Larutan Metil Jingga 100 mg/L pH 2, 3, 4 dan 5

[Metil jingga] awal (mg/L)	Volume awal (mL)	pH awal	[Metil jingga] akhir (mg/L)	Volume akhir (mL)	Keterangan
1000	10	2	100	100	100 mg/L pH 2
1000	10	3	100	100	100 mg/L pH 3
1000	10	4	100	100	100 mg/L pH 4
1000	10	5	100	100	100 mg/L pH 5

L.2.5 Pembuatan 100 mL larutan metil jingga 50, 75, 100, 125, 150, 175 mg/L dari larutan metil jingga 1000 mg/L

Larutan metil jingga pada pH 3 masing-masing 50, 75, 100, 125, 150, dan 175 mg/L sebanyak 100 mL dibuat dengan cara memipet larutan metil jingga 1000 mg/L sebanyak 5 mL ke dalam gelas beker 100 mL, kemudian diatur pH 3 menggunakan HCl dan NaOH berbagai konsentrasi. Setelah itu dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan larutan pH 3 sampai tanda batas.

Tabel L.2.5 Pembuatan Larutan Metil Jingga 50, 75, 100, 125, 150, dan 175 mg/L pada pH 3

[Metil jingga] awal (mg/L)	Volume awal (mL)	[Metil jingga] akhir (mg/L)	Volume akhir (mL)	Keterangan
1000	5	50	100	50 mg/L
1000	7,5	75	100	75 mg/L
1000	10	100	100	100 mg/L
1000	12,5	125	100	125 mg/L
1000	15	150	100	150 mg/L
1000	17,5	175	100	175 mg/L

L.2.6 Pembuatan larutan standar

L.2.6.1 Contoh pembuatan larutan standar metil jingga berbagai konsentrasi

Larutan standar metil jingga, 10, 8, 6, 4 dan 2 mg/L dibuat dari larutan metil jingga 100 mg/L. Larutan standar metil jingga 10, 8, 6, 4, dan 2 mg/L dibuat pada pH 3 menggunakan HCl dan NaOH berbagai konsentrasi.

Pembuatan larutan standar metil jingga 10, 8, 6, 4 dan 2 mg/L pada pH 3 dapat dilihat pada Tabel 2.6.1.

Tabel L.2.6.1 Pembuatan larutan standar metil jingga

[metil jingga] awal (mg/L)	Volume awal (mL)	[metil jingga] akhir (mg/L)	Volume akhir (mL)	Keterangan
100	1	10	10	10 mg/L pH 3
100	0,8	8	10	8 mg/L pH 3
100	0,6	6	10	6 mg/L pH 3
100	0,4	4	10	4 mg/L pH 3
100	0,2	2	10	2 mg/L pH 3

L.2.6.2 Contoh pembuatan larutan standar Cr(III) berbagai konsentrasi

Larutan standar Cr(III) 10, 5 dan 2 mg/L dibuat dari larutan Cr(III) 50 mg/L sedangkan larutan standar Cr(III) 1 dan 0,5 mg/L dibuat dari larutan Cr(III) 2 mg/L. Sebelum ditandabatkan, larutan ditambahkan beberapa tetes HNO₃ pekat kemudian ditambahkan akuades sampai tanda batas.

Pembuatan larutan standar Cr(III) 10, 5, 2, 1, dan 0,5 dapat dilihat pada Tabel L.2.6.2.

Tabel L.2.6.2 Pembuatan larutan standar Cr(III) berbagai konsentrasi

[Cr(III)] awal (mg/L)	Volume awal (mL)	[Cr(III)] akhir (mg/L)	Volume akhir(mL)
50	5	10	25
50	2,5	5	25
50	1	2	25
2	12,5	1	25
2	7,3	0,5	25

L.2.7 Pembuatan 500 mL larutan HCl 0,1 M

Larutan HCl 37% dipipet sebanyak 4,1 mL ke dalam labu ukur 500 mL, kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas, dikocok sampai larutan menjadi homogen dan didapatkan larutan HCl 0,1 M sebanyak 500 mL.

L.2.8 Pembuatan 500 mL larutan HCl 0,01 M dari larutan HCl 0,1 M

Larutan HCl 0,1 M dipipet sebanyak 50 mL ke dalam labu ukur 500 mL, kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas, dikocok sampai larutan menjadi homogen dan didapatkan larutan HCl 0,01 M sebanyak 500 mL

L.2.9 Perhitungan dan pembuatan larutan NaOH 0,1 M 500 mL

Padatan NaOH ditimbang sebanyak 2 g di atas gelas arloji, dipindahkan ke dalam gelas beker 100 mL dan dilarutkan dengan akuades secukupnya. Setelah itu, larutan dipindahkan ke dalam labu ukur 500 mL dan ditambah akuades hingga tanda batas, dikocok sampai larutan menjadi homogen.

L.2.10 Pembuatan 500 mL NaOH 0,01 M dari NaOH 0,1M

Larutan NaOH 0,1 M dipipet sebanyak 50 mL ke dalam labu ukur 500 mL, kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas,

dikocok sampai larutan menjadi homogen dan didapatkan larutan NaOH 0,01 M sebanyak 500 mL

L.2.11 Pembuatan 100 mL larutan CH_3COOH 1 M

Larutan CH_3COOH glasial dipipet sebanyak 5,8 mL ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas, dikocok sampai larutan menjadi homogen dan didapatkan larutan CH_3COOH 1 M sebanyak 100 mL.

L.2.12 Pembuatan 100 mL larutan CH_3COOH 0,1 M dari larutan CH_3COOH 1 M

Larutan CH_3COOH 1 M dipipet sebanyak 10 mL ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas, dikocok sampai larutan menjadi homogen dan didapatkan larutan CH_3COOH 0,1 M sebanyak 100 mL

L.2.13 Pembuatan larutan buffer pH 5

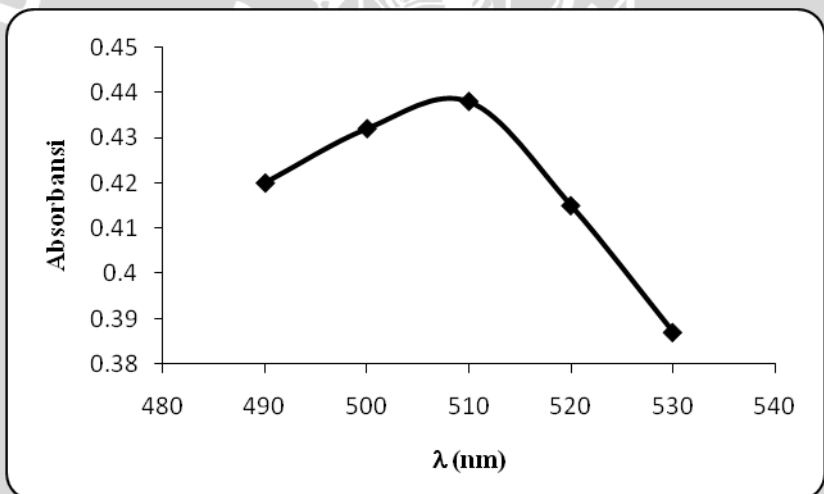
Larutan buffer pH 5 dibuat dengan cara mencampurkan 155 mL larutan CH_3COOH 0,1 M dengan 100 mL larutan NaOH 0,1 M pada gelas beker 250 mL.

Lampiran 3 Data Hasil Penelitian

L.3.1 Penentuan panjang gelombang maksimum sampel metil jingga

Tabel L.,3.1 Penentuan λ Maksimum Sampel Metil Jingga

λ (nm)	Absorbansi
490	0,420
500	0,432
510	0,438
520	0,415
530	0,387



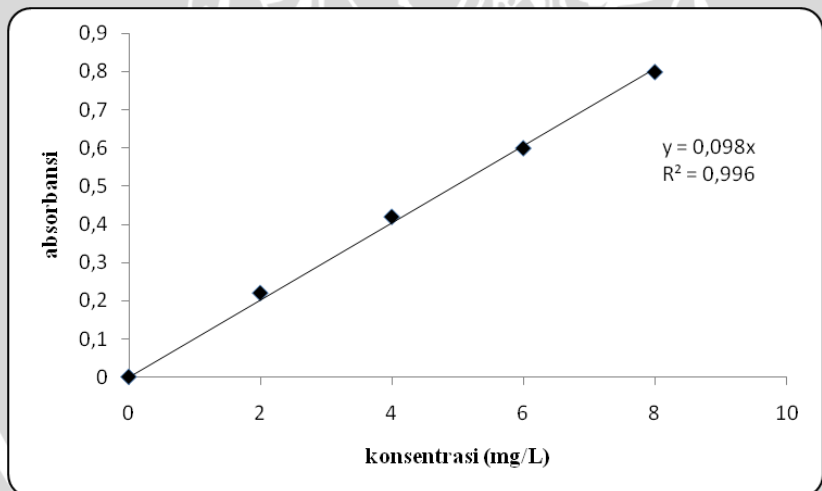
Gambar L.3.1 Kurva Serapan Metil Jingga

L.3.2 Penentuan kurva baku larutan standar metil jingga pada panjang gelombang maksimum 510 nm

Sederet larutan metil jingga dengan konsentrasi 2, 4, 6, 8, 10 mg/L diukur konsentrasinya dengan menggunakan spektrometri UV pada panjang gelombang 510 nm. Selanjutnya dibuat kurva hubungan antara absorbansi larutan sebagai sumbu X dan konsentrasi sebagai sumbu Y. kurva baku ini digunakan untuk menentukan konsentrasi metil jingga yang teradsorpsi oleh *A.microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III)

Tabel L.3.2 Data Konsentrasi dan Absorbansi Metil Jingga

Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi
0	0
2	0,22
4	0,42
6	0,6
8	0,8



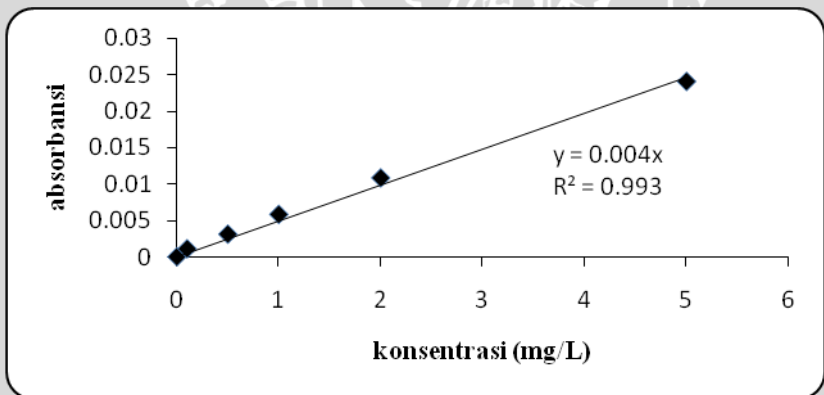
Gambar L.3.2 Kurva Baku Larutan Standar Metil Jingga pada Panjang Gelombang 510 nm

L.3.3 Kurva baku kromium(III)

Sederet larutan kromium(III) dengan konsentrasi 0; 0,1; 0,5; 1; 2; 3 mg/L diukur konsentrasinya dengan menggunakan AAS. Selanjutnya dibuat kurva hubungan antara absorbansi larutan sebagai sumbu Y dan konsentrasi sebagai sumbu X. Kurva ini digunakan untuk menentukan konsentrasi kromium(III) yang terimpergnasi.

Konsentrasi (mg/L)	absorbansi
0	0
0,1	0,0011
0,5	0,0031
1	0,0058
2	0,0108
5	0,024

Tabel L.3.3 Data Konsentrasi dan Absorbansi Kromium(III)



Gambar L.3.3 Kurva Baku Larutan Standar Kromium(III)

L.3.4 Data pengaruh lama pengocokan terhadap adsorpsi metil jingga oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III)

Tabel L.3.4 Data Pengaruh Lama Pengocokan terhadap Adsorpsi Metil Jingga oleh Biomassa *A. microphylla*-Silika Diimpregnasi Kromium(III)

Waktu (menit)	[MO] awal	abs	fp	[MO] akhir	metil jingga teradsorpsi (mg/g)	rata-rata metil jingga teradsorpsi
75	100	0,488	10	49,80	12,55	12,61±0,10
	100	0,488	10	49,80	12,55	
	100	0,481	10	49,08	12,73	
90	100	0,432	10	44,08	13,98	14,13±0,16
	100	0,426	10	43,47	14,13	
	100	0,42	10	42,86	14,29	
120	100	0,403	10	41,12	14,72	14,62±0,09
	100	0,409	10	41,73	14,57	
	100	0,409	10	41,73	14,57	
150	100	0,398	10	40,61	14,85	14,76±0,08
	100	0,403	10	41,12	14,72	
	100	0,403	10	41,12	14,72	
180	100	0,398	10	40,61	14,85	14,94±0,16
	100	0,398	10	40,61	14,85	
	100	0,387	10	39,49	15,13	

Contoh Perhitungan :

C terukur dengan memplotkan nilai absorbansi ke dalam persamaan kurva baku, dimana Y sebagai absorbansi dan X konsentrasi terukur.

Abs = 0,488, $y = 0,098 x$

C terukur = $0,488 : 0,098 = 4,98 \text{ mg/L}$

$C_s = C \text{ terukur} \times fp$

$= 4,98 \text{ mg/L} \times 10 = 49,8 \text{ mg/L}$

$$\begin{aligned}
 \Sigma \text{ metil jingga teradsorpsi} &= \frac{(C_o - C_s) \times V \text{ total larutan}}{W \text{ biomassa}} \\
 &= \frac{(100 - 49,8) \text{ mg/L}}{0,1 \text{ g}} \times 25 \text{ mL} \times 10^{-3} \text{ L/mL} \\
 &= 12,55 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

Adapun untuk perhitungan standar deviasi untuk setiap variasi pH awal adalah :

$$\begin{aligned}
 SD &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \\
 SD &= \sqrt{\frac{(12,55^2 + 12,55^2 + 12,73^2) - \left(\frac{(12,55 + 12,55 + 12,73)^2}{3}\right)}{3-1}} \\
 &= 0,10
 \end{aligned}$$

L.3.5 Data pengaruh pH larutan terhadap adsorpsi zat warna metil jingga oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III)

Pengukuran filtrat pada pH 3 dengan $\lambda = 510$ nm dan persamaan kurva baku : $y = 0,098x$. Adapun contoh perhitungan sama dengan pada pengaruh pH awal larutan.

Tabel L.3.5 Data Pengaruh pH Zat Warna Metil Jingga terhadap Adsorpsi Metil Jingga oleh Biomassa *A. microphylla*-Silika Diimpregnasi Kromium(III)

Variasi pH	[Metil jingga] awal (mg/L)	Abs	fp	[Metil jingga] setelah adsorpsi (mg/L)	metil jingga teradsorpsi (mg/g)	Rata-rata metil jingga teradsorpsi (mg/g)
2	100	0,398	10	40,61	14,85	13,62±1,34
	100	0,438	10	44,69	13,83	
	100	0,502	10	51,22	12,19	
3	100	0,398	10	40,61	14,85	14,80±0,36
	100	0,387	10	39,49	15,13	
	100	0,415	10	42,35	14,41	
4	100	0,462	10	47,14	13,21	12,93±0,26
	100	0,475	10	48,47	12,88	
	100	0,482	10	49,18	12,70	
5	100	0,668	10	68,16	7,96	7,70±0,46
	100	0,699	10	71,33	7,17	
	100	0,668	10	68,16	7,96	

L.3.6 Data pengaruh konsentrasi terhadap adsorpsi zat warna metil jingga oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III)

Pengukuran filtrat pada pH 3 dengan $\lambda = 510$ nm dan persamaan kurva baku : $y = 0,098x$.

Tabel L.3.6 Data Pengaruh Konsentrasi Zat Warna Metil Jingga terhadap Adsorpsi Metil Jingga oleh Biomassa *A. microphylla*-Silika Diimpregnasi Kromium(III)

Co (mg/L)	A	fp	Cs (mg/L)	Metil jingga teradsorpsi (mg/g)	Rata-rata metil jingga teradsorpsi (mg/g)
50	0,276	10	28,16	5,46	5,36±0,10
	0,280	10	28,57	5,36	
	0,284	10	28,98	5,26	
75	0,367	10	37,45	9,39	9,60±0,19
	0,357	10	36,43	9,64	
	0,352	10	35,92	9,77	
100	0,420	10	42,86	14,29	14,52±0,22
	0,403	10	41,12	14,72	
	0,409	10	41,73	14,57	
125	0,509	10	51,94	18,27	18,21±0,27
	0,502	10	51,22	18,44	
	0,523	10	53,37	17,91	
150	0,611	10	62,35	21,91	21,76±0,27
	0,629	10	64,18	21,45	
	0,611	10	62,35	21,91	
175	0,699	10	71,33	25,92	25,82±0,16
	0,699	10	71,33	25,92	
	0,710	10	72,45	25,64	

L.3.7 Data penentuan jumlah kromium(III) yang terimpregnasi dalam biomassa *A. microphylla*

Impregnasi kromium (III) pada biomassa *A. microphylla* teramobilisasi dilakukan pada pH 5.

Tabel L.3.7 Penentuan Jumlah Kromium(III) yang Terimpregnasi dalam Biomassa *A. microphylla*

Konsentrasi Cr(III) awal (mg/L)	Abs	fp	Cr(III) setelah adsorpsi (Cs)(mg/L)	Jumlah Cr(III) terimpregnasi (mg/g)
800	0,0202	50	252,5	16,425

Perhitungan :

$$C_o = 800$$

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

$$\text{Persamaan kurva baku } y = 0,004x$$

$$C \text{ terukur} = 0,0202 : 0,004 = 5,05 \text{ mg/L sehingga}$$

$$C_s = 5,05 \text{ mg/L} \times 50 = 252,5 \text{ mg/L}$$

$$V \text{ kromium(III)} = 300 \text{ mL dan massa biomassa} = 10 \text{ g}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Cr}^{3+} &= \frac{(C_o - C_s)}{m} \times V \\ &= \frac{(800 - 252,5) \text{ mg/L}}{10 \text{ gram}} \times 300 \text{ mL} \times 10^{-3} \text{ L/mL} \\ &= 16,425 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

LAMPIRAN 4 ANALISA RAGAM

L.4.1 Data pengaruh lama pengocokan terhadap adsorpsi metil jingga oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III)

Tabel L.4.1.1 Data Pengaruh Lama Pengocokan

Lama pengocokan (menit)	metil jingga teradsorpsi (mg/g)			Total	Rata-rata
	I	II	III		
75	12,55	12,55	12,73	37,83	12,61
90	13,98	14,13	14,29	42,40	14,13
120	14,72	14,57	14,57	43,86	14,62
150	14,85	14,72	14,72	44,29	14,76
180	14,85	14,85	15,13	44,83	14,94
				213,21	

$$\begin{aligned}
 - \text{Faktor koreksi (FK)} &= \frac{(\text{Total ulangan})^2}{\text{jumlah seluruh observasi}} \\
 &= \frac{213,21^2}{15} = \frac{45458,5041}{15} \\
 &= 3030,5669
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Jumlah Kuadrat Total (JKT)} &= (12,55)^2 + (12,55)^2 + \dots \\
 &\quad \dots + (15,13)^2 - 3030,5669 \\
 &= 3041,449 - 3030,5669 \\
 &= 10,8821
 \end{aligned}$$

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

$$= \frac{(37,83)^2 + (42,40)^2 + \dots + (44,83)^2}{3} - 3030,5669$$

$$= \frac{9123,9015}{3} - 3030,5669$$

$$= 10,7336$$

$$\begin{aligned} - \text{Jumlah Kuadrat galat (JKG)} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\ &= 10,8821 - 10,7336 \\ &= 0,1485 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{Kuadrat Total Perlakuan (KTP)} &= \frac{\text{JK Perlakuan}}{\text{DB Perlakuan}} = \frac{10,7336}{4} \\ &= 2,6834 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{Kuadrat Total Galat (KTG)} &= \frac{\text{JK Galat}}{\text{DB Galat}} = \frac{0,1485}{10} \\ &= 0,0149 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{F Hitung} &= \frac{\text{KT Perlakuan}}{\text{KT Galat}} = \frac{2,6834}{0,0149} \\ &= 180,0940 \end{aligned}$$

$$- \text{F Tabel } (f_1, f_2) = (4, 10) \text{ pada taraf nyata } 5\% = 3,48$$

Tabel L.4.1.2 Analisa Sidik Ragam Satu Arah Penentuan Lama Pengocokan

Sebar Keragaman	dB	JK	KT	F hitung	F tabel
Perlakuan	4	10,7336	2,6834	180,0940	3,48
Galat percobaan	10	0,1485	0,0149		
Total	14	10,8821	2,6983		

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

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

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

$$\begin{aligned} \text{BNT}_{(0,05)} &= t_{(0,05/2, \text{dbG})} \sqrt{\frac{2KTG}{n}} = 2,228 \times \sqrt{\frac{2 \times 0,0149}{3}} \\ &= 2,228 \times 0,0997 \\ &= 0,222 \end{aligned}$$

Tabel L.4.1.3 Selisih Rerata Antar Perlakuan Lama Pengocokan

Lama Pengocokan (menit)	Rata-rata jumlah metil jingga teradsorpsi	Lama Pengocokan (menit)				
		75	90	120	150	180
		Rata-rata jumlah metil jingga teradsorpsi				
		12,61	14,13	14,62	14,76	14,94
75	12,61	0,00				
90	14,13	1,52*	0,00			
120	14,62	2,01*	0,49*	0,00		
150	14,76	2,15*	0,63*	0,14	0,00	
180	14,94	2,33*	0,81*	0,32*	0,18	0,00

(*) = berbeda nyata pada taraf 5%

L.4.2 Data pengaruh pH larutan terhadap adsorpsi metil jingga oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III)

Tabel L.4.2.1 Data Pengaruh pH

pH	Jumlah metil jingga teradsorpsi (mg/g)			total	Rata-rata
	1	2	3		
2	14,85	13,83	12,19	40,87	13,62
3	14,85	15,13	14,41	44,93	14,80
4	13,21	12,88	12,70	38,79	12,93
5	7,96	7,17	7,96	23,09	7,70
				147,14	

$$\begin{aligned}
 - \text{Faktor koreksi (FK)} &= \frac{(\text{Total ulangan})^2}{\text{jumlah seluruh observasi}} \\
 &= \frac{(147,14)^2}{12} = \frac{21650,1796}{12} \\
 &= 1804,1816
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Jumlah Kuadrat Total (JKT)} &= (14,85)^2 + (13,83)^2 + \dots \\
 &\dots + (7,96)^2 - 1804,1816 \\
 &= 1897,2956 - 1804,1816 \\
 &= 93,114
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Jumlah Kuadrat Perlakuan} &= \frac{\sum (\text{jumlah hasil perlakuan})^2}{n} - \text{FK} \\
 &= \frac{(40,87)^2 + (44,93)^2 + \dots + (23,09)^2}{3} - 1804,1816 \\
 &= \frac{5678,6412}{3} - 1804,1816 \\
 &= 88,6988
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Jumlah Kuadrat galat (JKG)} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\
 &= 93,114 - 88,6988 \\
 &= 4,4152
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Kuadrat Total Perlakuan(KTP)} &= \frac{\text{JK Perlakuan}}{\text{DB Perlakuan}} = \frac{88,6988}{3} \\
 &= 29,5663
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Kuadrat Total Galat (KTG)} &= \frac{\text{JK Galat}}{\text{DB Galat}} = \frac{4,4152}{8} \\
 &= 0,5519
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{F Hitung} &= \frac{\text{KT Perlakuan}}{\text{KT Galat}} = \frac{29,5663}{0,5519} \\
 &= 53,5718
 \end{aligned}$$

$$- \text{F Tabel } (f_1, f_2) = (3, 8) \text{ pada taraf nyata } 5\% = 4,0662$$

Tabel L.4.2.2 Analisa Sidik Ragam Satu Arah Penentuan pH

Sebar Keragaman	dB	JK	KT	F hitung	F tabel
Perlakuan	3	88,6988	29,5663	53,5718	4,0662
Galat percobaan	8	4,4152	0,5519		
Total	11	93,114	30,1182		

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

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

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

$$\begin{aligned}
 BN_{(0,05)} &= t_{(0,05/2,dbG)} \sqrt{\frac{2KTG}{n}} = 2,7515 \times \sqrt{\frac{2 \times 0,5519}{3}} \\
 &= 2,7515 \times 0,6066 \\
 &= 1,6690
 \end{aligned}$$

Tabel L.4.2.3 Selisih Rerata Antar Perlakuan Variasi pH

pH	Rata-rata jumlah metil jingga teradsorpsi	pH			
		2	3	4	5
		Rata-rata jumlah metil jingga teradsorpsi			
		13,62	14,80	12,93	7,70
2	13,62	0,00			
3	14,80	1,18	0,00		
4	12,93	0,69	1,87*	0,00	
5	7,70	5,92*	7,1*	5,23*	0,00

(*) = berbeda nyata pada taraf 5%

L.4.3 Data pengaruh konsentrasi terhadap adsorpsi metil jingga oleh biomassa *A. microphylla*-silika diimpregnasi kromium(III)

Tabel L.4.3.1 Data Pengaruh Konsentrasi Metil Jingga

[metil jingga]	Metil jingga teradsorpsi			total	Rata-rata
	1	2	3		
50	5,46	5,36	5,26	16,08	5,36
75	9,39	9,64	9,77	28,80	9,60
100	14,29	14,72	14,57	43,58	14,53
125	18,27	18,44	17,91	54,62	18,21
150	21,91	21,45	21,91	65,27	21,76
175	25,92	25,92	25,64	77,48	25,83
jumlah				285,83	

$$- \text{Faktor koreksi (FK)} = \frac{(\text{Total ulangan})^2}{\text{jumlah seluruh observasi}}$$

$$= \frac{(285,83)^2}{18} = \frac{81698,7889}{18}$$

$$= 4538,8216$$

$$- \text{Jumlah Kuadrat Total (JKT)} = (5,46)^2 + (5,36)^2 + \dots + (25,64)^2 - 4538,8216$$

$$= 5411,8265 - 4538,8216$$

$$= 873,0049$$

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

$$= \frac{(16,08)^2 + (28,80)^2 + \dots + (77,48)^2}{3} - 4538,8216$$

$$= \frac{16233,8905}{3} - 4538,8216$$

$$= 872,4752$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Jumlah Kuadrat galat (JKG)} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\
 &= 873,0049 - 872,4752 \\
 &= 0,5297
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Kuadrat Total Perlakuan (KTP)} &= \frac{\text{JK Perlakuan}}{\text{DB Perlakuan}} = \frac{872,4752}{5} \\
 &= 174,4950
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Kuadrat Total Galat (KTG)} &= \frac{\text{JK Galat}}{\text{DB Galat}} = \frac{0,5297}{12} \\
 &= 0,0441
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{F Hitung} &= \frac{\text{KT Perlakuan}}{\text{KT Galat}} = \frac{174,4950}{0,0441} \\
 &= 3953,3176
 \end{aligned}$$

$$- \text{F Tabel } (f_1, f_2) = (5, 12) \text{ pada taraf nyata } 5\% = 3,1059$$

Tabel L.4.3.2 Analisa Sidik Ragam Satu Arah Penentuan Konsentrasi Metil Jingga

Sebar Keragaman	dB	JK	KT	F hitung	F tabel
Perlakuan	5	872,4752	174,4950	3953,3176	3,1059
Galat percobaan	12	0,5297	0,0441		
Total	17	873,0049	174,5391		

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

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

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

$$\begin{aligned}
 \text{BNT}_{(0,05)} &= t_{(0,05/2, \text{dbG})} \sqrt{\frac{2KTG}{n}} = 2,5600 \times \sqrt{\frac{2 \times 0,0441}{3}} \\
 &= 2,5600 \times 0,1715 \\
 &= 0,4390
 \end{aligned}$$

Tabel L.4.3.3 Selisih Rerata Antar Perlakuan Konsentrasi Metil Jingga

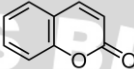
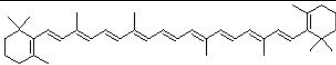
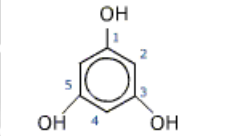
[metil jingga]	Rata-rata metil jingga teradsorpsi	[metil jingga]					
		50	75	100	125	150	175
		Rata-rata metil jingga teradsorpsi					
		5,36	9,60	14,53	18,21	21,76	25,83
50	5,36	0,00					
75	9,60	4,24*	0,00				
100	14,53	9,17*	4,93*	0,00			
125	18,21	12,85*	8,61*	3,68*	0,00		
150	21,76	16,40*	12,16*	7,23*	3,55*	0,00	
175	25,83	20,47*	16,23*	11,3*	7,62*	4,07*	0,00

(*) = berbeda nyata pada taraf 5 %

Lampiran 5

Klasifikasi kimia bahan alam dari *A. microphylla*

Tabel L.5.1 kimia bahan alam dari *A. microphylla* (Fons., dkk, 2010)

Senyawa	Rumus Bangun
Kumarin	
Karatenoid	
Phloroglucinol	
Alkaloid	