KAJIAN PENYERAPAN FENOL OLEH TANAMAN ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes (Mart.). Solms*) DENGAN PERBEDAAN POLA TANAM

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar Sarjana Sains (S.Si) Program Studi Ilmu Kimia pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

Disusun Oleh :

SYAHDA MAULANA SARI

No.Mhs : 016 12 009

JURUSAN ILMU KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2005

KAJIAN PENYERAPAN FENOL OLEH TANAMAN ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes (Mart.). Solms*) DENGAN PERBEDAAN POLA TANAM

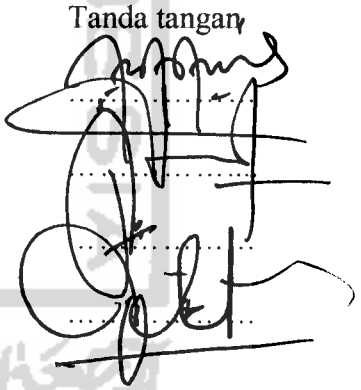
oleh :

SYAHDA MAULANA SARI
No.Mhs : 016 12 009

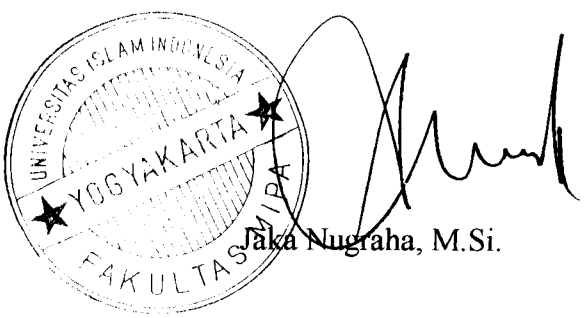
Telah dipertahankan dihadapan Panitia Penguji Skripsi
Jurusan Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

Tanggal : .....

Dewan Penguji	Tanda tangan
1. Is Fatimah, M.Si	
2. Tatang Shabur Julianto, S.Si	
3. Rudy Syahputra, M.Si.	
4. Dr. Eko Sugiharto	



Mengetahui,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

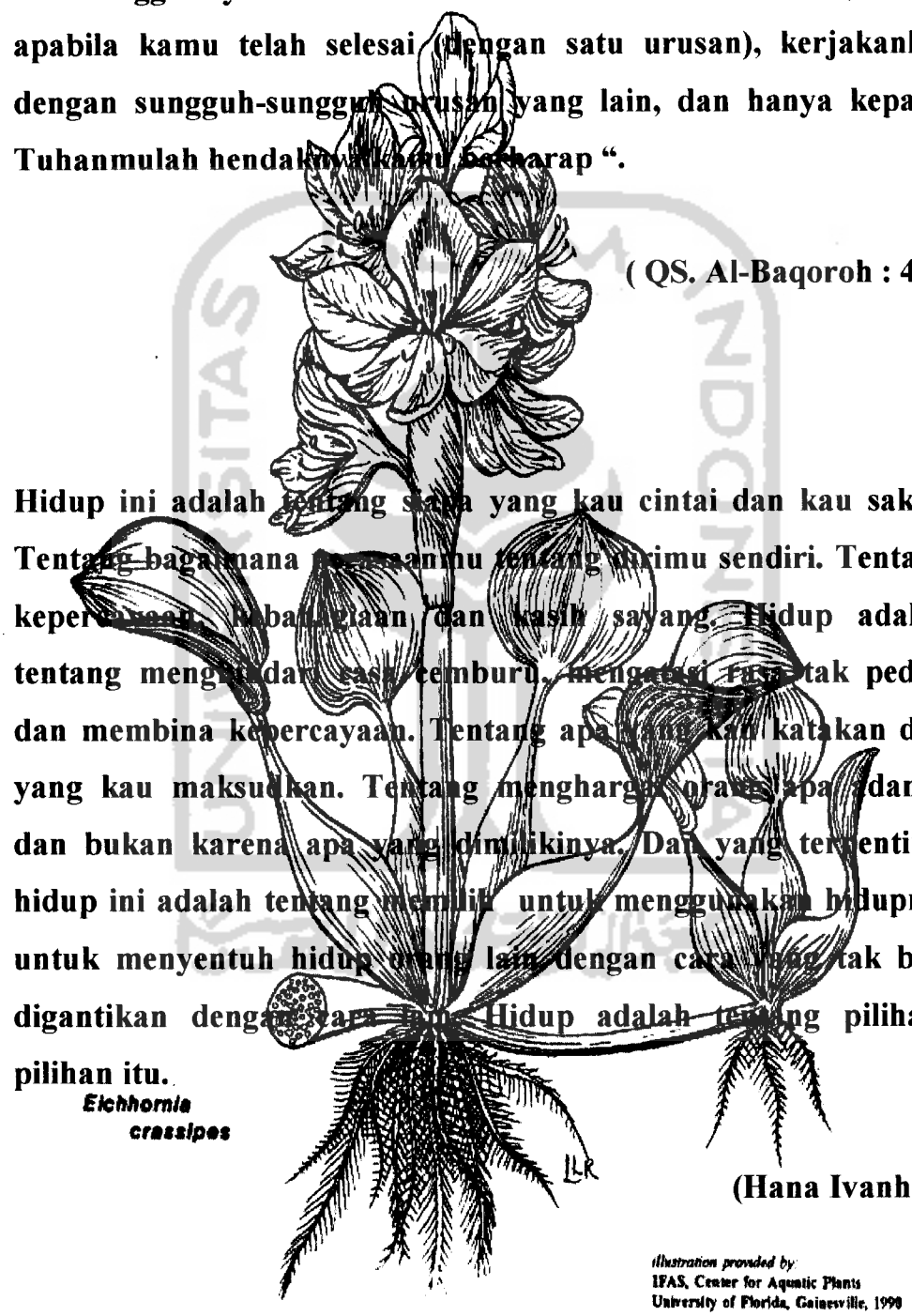


Jaka Nugraha, M.Si.

HALAMAN PERSEMBAHAN

" Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dengan satu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain, dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap ".

(QS. Al-Baqoroh : 45)



Hidup ini adalah tentang siapa yang kau cintai dan kau sakiti. Tentang bagaimana perasaanmu tentang dirimu sendiri. Tentang kepercayaan, kebahagiaan, dan kasih sayang. Hidup adalah tentang mengenal dan rasa cemburu, mengetahui rasa tak peduli dan membina kepercayaan. Tentang apa yang kau katakan dan yang kau maksudkan. Tentang menghargai orang apa adanya dan bukan karena apa yang dimilikinya. Dan yang terpenting, hidup ini adalah tentang memilih untuk menggunakan hidupmu untuk menyentuh hidup orang lain dengan cara yang tak bisa digantikan dengan cara lain. Hidup adalah tentang pilihan-pilihan itu.

Eichhornia crassipes

(Hana Ivanhoe)

Illustration provided by
IFAS, Center for Aquatic Plants
University of Florida, Gainesville, 1990

Puji syukur yang tak terhingga saya panjatkan kehadirat Allah swt yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Terimakasihku buat Ayah dan Ibu, berkat doa, perjuangan, dukungan, kasih sayang dan kesabaran kalian aku dapat menyelesaikan semua ini. Kedua adikku tersayang : Nunky dan nurita yang selalu memberikan doa dan dukungku. Mas fajarku yang selalu memberikan yang terbaik untukku, semoga semuanya dapat kita jalani bersama. Semua keluargaku yang selalu mengiringiku dengan doa dan dorongan.

Terimakasih untuk Pak Kadir yang selalu memberikan saran, kritik dan nasehat, maaf apabila saya telah banyak menyita waktu dan pikiran bapak.

Terimakasih untuk Pak Eko yang telah memberikan dukungan, nasehat, saran dan kritik, maaf syanda sudah banyak menyita waktu bapak. Semoga saya dapat meneladani semangat bapak.

Thanks a lot to Luci & Ria yang selalu membantu, mendukung, menasehati dan menemaniku.

Thanks a lot to Liza, temen seperjuanganku, atas kerjasama dan pengertiannya selama ini, maaf klo aku banyak merepotkan.

Thanks a lot to Yuli yang selalu menasehati dan menemaniku di saat suka dan duka. Semoga persahabatan kita tetap abadi.

Thanks a lot to Icuk, Putro, Jihan, Lina, Amik, Nia, Susan, Ida, Yuyun, Anggin, temen-temen angkatan 2001, terimakasih untuk semuanya. Semoga kalian mendapatkan yang terbaik.



Illustration provided by
IFAS, Center for Aquatic Plants
University of Florida, Gainesville, 1990

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul : " Kajian Penyerapan Fenol oleh Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes (Mart). Solms*) dengan Perbedaan Pola Tanam ". Penulis sadar bahwa selesainya penelitian dan penulisan skripsi ini karena bantuan dari banyak pihak, baik sengaja maupun tidak di sengaja. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Jaka Nugraha, M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
2. Bapak Rudy Syahputra, M.Si. selaku Ketua Jurusan Ilmu Kimia dan dosen pembimbing satu yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama penelitian dan penulisan skripsi.
3. Bapak Dr. Eko Sugiharto selaku dosen pembimbing dua yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penulisan skripsi.
4. Ibu Is Fatimah, M.Si. selaku Kepala Laboratorium.
5. Staf laboratorium Kimia Lanjut.
6. Ayah, Ibu, Adik-adikku yang selalu memberikan dorongan, doa serta semangat yang tiada henti-hentinya.

Rasa terima kasih juga penulis sampaikan untuk semua pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung selama penelitian maupun penulisan skripsi ini. Penulis sadar bahwa dalam penulisan skripsi ini

masih banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan dan menerima segala kritik dan saran untuk lebih menyempurnakan skripsi ini. Dan semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Yogyakarta, Juni 2005

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

HALAMAN PENGESAHAN ii

HALAMAN PERSEMBAHAN iii

KATA PENGANTAR v

DAFTAR ISI vii

DAFTAR TABEL xi

DAFTAR GAMBAR xii

DAFTAR LAMPIRAN xiii

INTISARI xv

ABSTRACT xvi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Perumusan Masalah 3

1.3 Tujuan Penelitian 4

1.4 Manfaat Penelitian 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5

BAB III DASAR TEORI

3.1 Eceng gondok (*Eichhornia crassipes (Mart.) Solm.*)

3.1.1 Kedudukan dan taksonomi 8

3.1.2 Deskripsi tanaman 8

3.1.3 Faktor - faktor yang mempengaruhi pertumbuhan 10

3.2 Fitoremediasi 12

3.3 Mekanisme penyerapan fenol oleh tumbuhan 16

3.4 Spektrofotometer UV - Tampak

3.4.1 Teori Spektrofotometer UV – Tampak 19

3.4.2 Prinsip dasar 19

3.4.3 Analisis kuantitatif 20

3.4.4 Instrumentasi 23

3.5 Hipotesis 25

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Alat dan bahan

4.1.1 Alat 26

4.1.2 Bahan 26

4.2 Variabel penelitian

4.2.1 Pola tanam 27

4.2.2 Waktu kontak 27

4.2.3 Laju penyerapan 28

4.3 Cara kerja

4.3.1 Pekerjaan pendahuluan

4.3.1.1 Anti kontaminan 28

4.3.1.2 Pembuatan larutan induk Fenol 1000 ppm 28

4.3.1.3 Pembuatan larutan buffer fosfat 28

4.3.1.4 Penentuan kondisi analisis pereaksi dengan analit 29

4.4 Penumbuhan tanaman eceng gondok

4.4.1 Tahapan kontrol 30

4.4.2 Tahapan perlakuan 31

4.4.3 Preparasi sampel

4.4.3.1 Teknik destruksi basah 33

4.4.3.2 Teknik ekstraksi 33

4.5 Analisa Spektrofotometri UV-Vis

4.5.1 Pembuatan kurva kalibrasi 34

4.5.3 Penentuan konsentrasi fenol 34

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Kondisi optimum analisis

5.1.1 Penentuan panjang gelombang 36

5.1.2 Stabilitas kompleks 37

5.1.3 Penentuan kondisi analisis pereaksi dengan analit 38

5.1.4 Kurva kalibrasi 40

5.2 Perlakuan awal tanaman 41

5.3 Analisis Fenol

5.3.1 Perlakuan awal sampel 42

5.3.2 Analisis konsentrasi fenol 46

5.4 Waktu kontak tanaman 45

5.5 Pola tanam 50

5.6 Fitotoksin fenol 52

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan 56

6.2 Saran 56

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 1 : Hasil pengukuran absorbansi sampel pada variasi waktu kontak (hari) dan pola tanam 65

Tabel 2 : Hasil pengukuran absorbansi sampel pada variasi waktu kontak (jam) 65

Tabel 3 : Hasil pengukuran absorbansi sampel pada tanaman terbuka dan tertutup 66

Tabel 4 : Hasil pengukuran absorbansi larutan standar fenol 75

Tabel 5 : Hasil pengukuran absorbansi tanaman kontrol 76

Tabel 6 : Pengaruh waktu kontak dan pola tanam 77

Tabel 7 : Analisis variansi 78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 : Struktur fenol 9

Gambar 2 : Mekanisme penyerapan fenol oleh akar 17

Gambar 3 : Kurva kalibrasi 21

Gambar 4 : Diagram spektrofotometer UV-Vis 23

Gambar 5 : Tanaman kontrol 30

Gambar 6 : Tanaman Isolasi 31

Gambar 7 : Tanaman Harvesting 32

Gambar 8 : Tanaman Pergantian 33

Gambar 9 : Stabilitas kompleks fenol dengan 4-aminoantipirin 37

Gambar 10 : Kurva absorbansi sebagai fungsi penambahan volume 39

Gambar 11 : Kurva kalibrasi untuk analisis fenol 40

Gambar 12 : Pengaruh waktu kontak (hari) terhadap penyerapan fenol 46

Gambar 13 : Pengaruh waktu kontak dan konsentrasi terhadap penyerapan fenol oleh tanaman eceng gondok 48

Gambar 14 : Pengaruh waktu kontak (jam) terhadap penyerapan fenol 48

Gambar 15 : Pengaruh pola tanam terhadap penyerapan fenol 51

Gambar 16 : Toksisitas fenol pada waktu kontak 7 hari 53

Gambar 17 : Toksisitas fenol pada waktu kontak 14 hari 54

Gambar 18 : Toksisitas fenol pada waktu kontak 21 hari 55

Gambar 19 : Kurva standar fenol 66

Gambar 20 : Spektra absorbsi fenol dengan 4-aminoantipirin 75

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1

1.1 Pembuatan larutan Buffer fosfat 60

1.2 Penentuan kondisi analisis pereaksi dengan analit 63

1.3 Pembuatan larutan induk fenol 1000 ppm 61

Lampiran 2

2.1 Pengukuran absorbansi sampel

2.1.1 Hasil pengukuran absorbansi sampel pada variasi waktu kontak (hari) dan pola tanam 64

2.1.2 Hasil pengukuran absorbansi sampel pada variasi waktu kontak (jam).65

2.1.3 Hasil pengukuran absorbansi sampel pada tanaman pendahuluan.....65

2.2 Perhitungan konsentrasi fenol 66

2.1.1 Hasil pengukuran absorbansi sampel pada variasi waktu kontak (hari) dan pola tanam 67

2.1.2 Hasil pengukuran absorbansi sampel pada variasi waktu kontak.(jam).....72

2.1.3 Hasil pengukuran absorbansi sampel pada tanaman pendahuluan.....74

Lampiran 3

Penentuan konsentrasi absorbansi tanaman kontrol 75

Lampiran 4

Hasil uji statistik 76

Lampiran 5

Spektra absorbsi fenol pada berbagai panjang gelombang 77

Lampiran 6

Ketelitian analisis 79

KAJIAN PENYERAPAN FENOL OLEH TANAMAN ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes (Mart.). Solms*) DENGAN PERBEDAAN POLA TANAM

SYAHDA MAULANA SARI
No.Mhs : 016 12 009

INTISARI

Telah dilakukan penelitian penyerapan fenol oleh tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes (Mart). Solms*) dengan melihat pengaruh perbedaan pola tanam. Pola tanam yang dipakai adalah waktu kontak sama, pot media berbeda [A]; waktu kontak sama, pot media sama [B] dan waktu kontak berbeda, pot media sama [C]. Variable penelitian yang lain meliputi pengaruh waktu kontak dan laju penyerapan fenol oleh tanaman. Keseluruhan penelitian dilakukan dengan eksperimen dalam pot. Destruksi akar menggunakan destruksi basah. Analisis fenol dilakukan dengan komplek 4-aminoantipirin menggunakan spektrofotometri uv-vis pada λ maksimum 504 nm.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola tanam tidak berpengaruh terhadap penyerapan fenol oleh tanaman, sedangkan waktu kontak berpengaruh terhadap penyerapan fenol. Daya serap tanaman terbesar terjadi pada waktu kontak 24 jam dengan laju penyerapan fenol sebesar 7,7 µg fenol/jam.

Kata kunci : Eceng gondok, Waktu kontak, Pola tanam, Laju penyerapan fenol

STUDY OF PHENOL ADSORPTION BY WATER HYACINTH (*Eichhornia crassipes (Mart.). Solms*) ON DIFFERENT CULTIVATION TREATMENT

SYAHDA MAULANA SARI
No.Mhs : 016 12 009

ABSTRACT

The study of phenol adsorption by using aquatic plant of water hyacinth (*Eichhornia crassipes (Mart). Solms*) on different cultivation treatment has been done. The cultivation that has been used in the experiments were similarly contacting time, differently pot media [A]; similarly contacting time, similarly pot media [B] and differently contacting time, similarly pot media [C] and rate of phenol absorpsion. All the experimental were done by pot experiment. Samples were destructed by wet digestion and then measured by spectrofhotometric uv-vis with 4-aminoantipirin complex at λ maximum 504 nm.

Result of the research showed that the phenol adsorption was influenced by contacting time. Cultivation treatment was not influenced of phenol adsorption. The optimum adsorption of phenol was at 24 h and the rate of phenol adsorption of 7,7 μg phenol/h.

Keywords : Water hyacinth, Contacting time, Cultivation treatment, Rate of phenol adsorption.

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Perkembangan industri telah meningkatkan derajat kehidupan manusia, namun dibalik itu berbagai jenis buangan akibat aktivitas industri dengan berbagai produknya telah pula menyebabkan terjadinya pencemaran udara, air dan tanah. Hal ini dikarenakan semakin banyaknya limbah yang berasal dari industri tidak diolah dengan baik dan benar, sasaran paling utama dari pencemaran limbah tersebut adalah sistem perairan.

Air merupakan salah satu sumber kehidupan bagi umat manusia. Apabila air telah tercemar maka kehidupan manusia akan terganggu. Hal ini merupakan bencana besar, karena hampir semua makhluk hidup dimuka bumi ini memerlukan air, dari mikroorganisme sampai mamalia. Tanpa air tiada kehidupan di muka bumi ini. Dalam ekosistem air, ganggang merupakan mata rantai pertama dalam rantai makanan. Ganggang dimakan oleh zooplankton, zooplankton dimakan oleh ikan-ikan kecil. Ikan-ikan kecil dimakan oleh ikan yang lebih besar. Dan ikan yang lebih besar dimakan oleh manusia. Jika air tersebut tercemar, maka pelipatan bahan pencemar dalam organisme dapat terjadi karena organisme tersebut secara bertahap mengkonsumsi bahan pencemar dan kemudian diakumulasi di dalam tubuh sehingga semakin lama konsentrasi bahan pencemar yang ada dalam tubuh semakin besar (Wisnu, 1995).

Secara garis besar pencemaran air akibat pembuangan limbah di lingkungan digolongkan menjadi 2 yaitu pencemaran oleh logam berat dan

senyawa organik. Senyawa-senyawa kimia yang dapat dikategorikan sebagai penyebab pencemaran senyawa organik antara lain protein, lemak dan minyak, pewarna, asam-asam organik, deterjen, pestisida organik dan fenol (Dix, 1981).

Fenol dan senyawa turunannya adalah senyawa yang digunakan secara luas sebagai bahan baku dalam industri kimia seperti dalam industri farmasi, industri perminyakan dan petrokimia, industri kulit dan industri cat. Pengelolaan fenol dalam beberapa industri tersebut tentunya sangat memungkinkan sisa bahan fenol dalam limbah terutama limbah cair. Di sisi lain, fenol dan senyawa turunannya merupakan zat berbahaya dan beracun. Kontak langsung dengan fenol dapat mengakibatkan terbakarnya kulit dan dapat mengganggu saluran pernafasan. Dalam tubuh, senyawa ini dapat mengganggu metabolisme dan mempengaruhi pembentukan sel darah merah (Burson, 1985), menyebabkan gangguan otak, hati, pankreas, limfa, sistem pusat saraf dan paru-paru. Dalam konsentrasi tertentu masuknya fenol dan turunannya dapat menyebabkan efek karsinogenik pada binatang dan manusia. Mengingat keberadaan fenol dengan konsentrasi yang kecil sudah bersifat racun, maka diperlukan pengolahan yang cocok dan murah. Salah satu pilihan yang menarik adalah pengolahan secara biologis menggunakan tanaman air pada kolam-kolam air limbah (Soemarwoto, 1987), agar fenol yang diserap oleh tanaman lebih maksimal maka diperlukan pola tanam yang sesuai terhadap pertumbuhan tanaman air.

Metode Remediasi (pemulihan) berbasis pada tanaman dikenal dengan fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan teknologi yang relatif baru, efisien dan estetik melalui pemanfaatan tumbuhan hijau untuk mengurangi polutan

lingkungan (Firdaus, 2002). Metode ini mengandalkan peran tanaman untuk menyerap, mendegradasi, mentransformasi dan memobilisasi bahan pencemar, baik logam berat maupun senyawa organik (Anonim,2002). Jenis tumbuhan yang dapat hidup di air limbah adalah eceng gondok. Karena kecepatan pertumbuhan eceng gondok yang tinggi, tumbuhan ini dianggap sebagai gulma yang dapat merusak lingkungan perairan. Pemanfaatan eceng gondok untuk memperbaiki kualitas air yang tercemar relatif murah dan sederhana khususnya terhadap limbah domestik dan industri, sebab eceng gondok memiliki kemampuan menyerap zat pencemar yang tinggi dari pada jenis tumbuhan lainnya.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang terdahulu, maka pada penelitian ini akan dipelajari Penyerapan fenol oleh tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes (Mart.) Solm.*) dengan perbedaan pola tanam, sehingga dapat diketahui kemampuan penyerapan akar tanaman eceng gondok terhadap fenol. Penelitian ini merupakan penelitian laboratorium dengan menggunakan media perairan sebagai simulasi lingkungan.

1.2 Perumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka dalam penelitian ini akan dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh pola tanam terhadap penyerapan fenol oleh tanaman eceng gondok ?
2. Apakah waktu kontak berpengaruh terhadap penyerapan fenol oleh tanaman eceng gondok ?
3. Bagaimana laju penyerapan fenol oleh tanaman eceng gondok ?

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Sifat toleran dan cepat berkembang membawa eceng gondok untuk membuka harapan baru sebagai sarana dalam pengendalian air limbah. Wolverton dan Mc.Known (1973) telah melakukan penelitian tentang kemampuan eceng gondok dalam penyerapan fenol pada air yang tercemar. Dilaporkan bahwa tanaman eceng gondok mampu menyerap fenol sampai 100 mg per 2,75 g berat kering pada periode 24 jam. Penelitian yang serupa juga telah dilakukan di India, dimana eceng gondok dapat memindahkan sampai 87,4 % fenol dari air limbah selama 3-7 hari. Hal tersebut mengingatkan bahwa mungkin sel-sel khusus penyerap fenol terdapat di dalam jaringan daun dan beberapa asam fenol di temukan di dalam daun.

Penelitian Nor (1994) melaporkan bahwa besarnya penyerapan fenol dalam air oleh tanaman eceng gondok pada konsentrasi 20, 50, 100 dan 200 mg/L selama 7 hari perlakuan terjadi kenaikan pada periode 24 jam perlakuan, setelah itu penyerapan tanaman terhadap fenol dalam air tidak mengalami kenaikan atau konstan selama 7 hari perlakuan. Penelitian ini juga melaporkan laju penyerapan fenol oleh tanaman eceng gondok yang semakin meningkat dengan bertambahnya konsentrasi fenol. Pada konsentrasi 20, 50, 100 dan 200 mg/L fenol, laju penyerapan tanaman berturut-turut 1,2; 3,0; 5,7 dan 12,4 mg fenol per jam.

Eceng gondok juga dapat menyerap sejumlah pewarna organik walaupun tanaman tersebut memperlihatkan penyerapan yang selektif. Pada penelitian

tersebut terlihat eceng gondok mampu menyerap warna sampai 96% dari limbah tekstil yang mengandung pewarna yang berbeda-beda, eceng gondok dilaporkan mampu mengakumulasi herbisida, monosodium methanearsonate (MSMA) sampai 400 μg per gram berat kering dari 24 mg/L larutan encer herbisida. Pada penelitian yang lebih rinci, yaitu menggunakan MSMA dengan konsentrasi 5-10 mg/L dan menganalisa proses akumulasi pada bagian tanaman yang berbeda. Beberapa herbisida diakumulasi dalam akar kemudian dalam batang akan mendekati seimbang setelah 2 minggu (Gopal, 1987).

Reddy, dkk (1982) telah melakukan penelitian tentang pembersihan irigasi air limbah dengan tanaman eceng gondok, elodea (*Egeria densa*), dan thypa sp, dilaporkan bahwa dalam waktu 3,6 hari sudah cukup bagi eceng gondok untuk membersihkan 50 % N organik (NO_3^{-3}) dari limbah irigasi. Dilaporkan pula bahwa eceng gondok bersama dengan elodea memerlukan waktu 7,2 hari untuk membersihkan 60 % ortho-fosfat (PO_4^{-3}).

Kemampuan yang besar dari eceng gondok untuk menghilangkan nutrisi N dan P juga dibuktikan oleh Siregar (1982) dilaporkan bahwa akar eceng gondok mampu menyerap nitrogen sebesar 52 %, fosfat 55 %, zat organik 67 % dengan kemampuan daya hantar listrik 10 %. Hasil yang dicapai setelah pengolahan limbah domestik tingkat tiga dengan menggunakan eceng gondok menunjukkan terjadinya penurunan konsentrasi N dan P, bahan-bahan organik, bahan-bahan padat dan alga.

Eceng gondok dapat pula menurunkan derajat keasaman tumbuhan dan menaikkan nilai pH dengan berat basah 200 gram dalam waktu 10 hari. COD dan BOD dapat tereduksi masing-masing sampai 44 % dan 53 %. Pada penelitian yang terpisah asam formiat, asam oksalat, fenol dan formaldehid juga dapat diturunkan konsentrasinya (Haider dkk., 1984).

Lehoczky, dkk (2002), telah melakukan penelitian tentang penyerapan logam berat Cd dan Pb oleh tanaman gandum hitam (*Lolium perenne*), mostar putih (*Sinapis alba L*) dan selada (*Lactuca sativa*) dengan perbedaan tanah. Penanaman menggunakan 7 jenis tanah yang berbeda tetapi dengan memberikan perlakuan yang sama terhadap tanaman selama 4 minggu. Dilaporkan bahwa selada (*Lactuca sativa L*) mempunyai kemampuan penyerapan logam berat terbesar sedangkan mostar putih (*Sinapis alba L*) kemampuan penyerapan logam beratnya lebih tinggi dibandingkan dengan gandum hitam (*Lolium perenne L*).

Penelitian serupa juga telah dilakukan oleh Davis, dkk (1980) melaporkan bahwa akumulasi logam berat Cd tertinggi pada tanaman selada, kubis dan seledri sedangkan akumulasi yang rendah terdapat pada tanaman kentang, jagung dan kacang. Untuk akumulasi Pb yang tinggi terdapat pada tanaman gandum dan seledri sedangkan akumulasi Pb yang rendah terdapat pada tanaman kentang dan jagung.

BAB III
DASAR TEORI

3.1 Eceng gondok (*Eichhornia crassipes (Mart.) Solm.*)

3.1.1 Kedudukan dan taksonomi

Menurut Lawrence (1985), eceng gondok mempunyai kedudukan dan taksonomi sebagai berikut :

Divisi : *Spermatophyta*

Subdivisi : *Angiospermae*

Kelas : *Monocotyledoneae*

Ordo : *Farinosae*

Familia : *Pontederiaceae*

Genus : *Eichhornia*

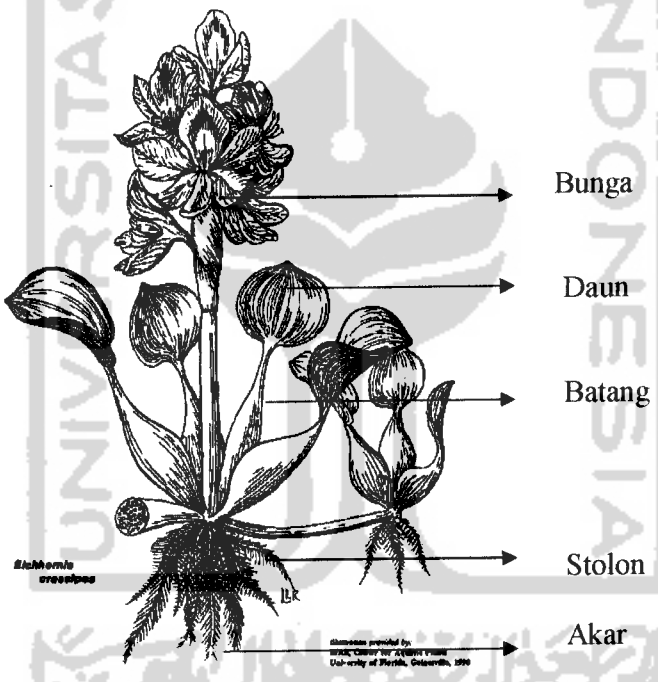
Spesies : *Eichhornia crassipes (Mart.) Solm.*

3.1.2 Deskripsi tanaman

Eceng gondok adalah tumbuhan air atau rawa berupa herba, mengapung, kadang-kadang berakar dalam tanah, menghasilkan tunas merayap yang keluar dari ketiak daun, yang selanjutnya akan tumbuh tumbuhan baru (stolon). Akar tumbuhan ini adalah akar serabut. Petiole pada yang dewasa panjang, sedang pada yang muda pendek dan mempunyai gelembung udara. Daun terbentuk dalam roset, helaian daun bulat telur pada yang muda dan terbentuk jantung pada yang dewasa, sedang tulang daun melengkung rapat. Karangan bunga berbentuk bulir, bertangkai panjang, berbunga 6-35, tangkai bunga dengan dua daun pelindung (spatha) yang duduknya sangat dekat. Poros bulir sangat bersegi bunga majemuk,

biseksual, zigomorf, perianthium berupa perigonium, bagian pangkal berwarna hijau, perigonium tersusun atas dua lingkaran masing-masing dengan 3 tepala, berwarna ungu, 1 tepala bagian belakang besar, dengan noda ditengah berwarna kuning cerah, 3 stamen posterior lebih panjang dari 3 stamen anterior, putik 1, bakal buah menumpang dengan 3 karpela. Di Jawa, buah tanaman ini tidak pernah tumbuh sampai sempurna (Ahmady, 1993).

Berikut ini adalah gambar morfologi tanaman eceng gondok :



Gambar 1. Morfologi tanaman eceng gondok (Auliya, 2004)

Eceng gondok mempunyai daya regenerasi yang cepat karena potongan potongan vegetatifnya yang terbawa arus air akan terus berkembang menjadi eceng gondok dewasa. Eceng gondok sangat peka terhadap keadaan unsur hara yang rendah di dalam air, tetapi responnya terhadap unsur hara yang tinggi juga besar. Proses regenerasi yang cepat dan toleransinya terhadap lingkungan yang

cukup besar, menyebabkan eceng gondok dapat dimanfaatkan sebagai pengendali pencemaran lingkungan (Soerjani, 1975).

Komposisi tumbuhan eceng gondok sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan (perairan) tempat tumbuhan ini tumbuh. Di perairan yang tercemar komposisinya akan berbeda apabila tumbuhan ini tumbuh di perairan yang belum tercemar, tumbuhan eceng gondok merupakan tumbuhan yang mempunyai daya penyerapan sangat tinggi, selain itu komposisi kimianya juga dipengaruhi umur (Alexander, 1961).

3.1.3 Faktor - Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes (Mart.) Solm.*) termasuk tanaman air yang penting diketahui bagaimana keadaan lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhannya Menurut Dhahiyat (1982), Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan eceng gondok adalah :

1. Cara berkembang biak dan penyebaran

   Gulma air mempunyai sifat pertumbuhan dan regenerasi yang cepat. Tumbuhan ini berkembang biak secara vegetataif, yaitu potongan-potongan vegetatif yang terbawa air akan dapat berkembang. Eceng gondok dan kayambang masing-masing mempunyai kecepatan pertumbuhan 2% dan 20% per hari.

2. Ketenangan air (Fluktuasi air)

   Dalam kondisi ombak yang cukup besar gulma air tidak dapat tumbuh. Di bendungan curug dengan fluktuasi air kurang lebih hanya 40 cm, banyak sekali tumbuh gulma air.

3. Cahaya matahari, pH dan suhu

   Eceng gondok sangat memerlukan cahaya matahari yang cukup dengan suhu optimum 25-30 ^{o}C. Hal ini dapat dipenuhi dengan baik oleh kondisi iklim tropik. Untuk pertumbuhan yang lebih baik eceng gondok lebih memerlukan pH 7,0-7,5 dari pada pH 4,0 jika pH kurang dari 4,0 pertumbuhannya akan terhambat, demikian juga pada pH yang tinggi.

4. Unsur hara

   Pada umumnya gulma air sangat tahan terhadap kadar unsur hara yang rendah di dalam air, tetapi responnya terhadap kadar unsur hara yang tinggi juga sangat besar, N dan P seringkali merupakan faktor pembatas, kedua unsur hara ini merupakan unsur yang penting dan diperlukan dalam jumlah yang besar. Unsur hara N dan P dalam air berasal dari tanah yang terkena erosi, pupuk pertanian yang tercuci dan zat kimia pertanian lainnya, sampah organik, detergen, limbah industri, kotoran manusia dan lain-lain yang masuk keperairan, sehingga menyebabkan perairan tersebut kaya akan unsur hara. Melimpahnya nutrien pada perairan akan menimbulkan proses ektrofikasi.

5. Salinitas

   Eceng gondok sampai sejauh 100 m dari pantai, dalam kondisi air sungai yang mempunyai salinitas kurang lebih 1% (salinitas air laut ±15%) masih dapat tumbuh, meskipun ada penghambatan pertumbuhan sampai kurang lebih 25% dibandingkan dengan air tawar.

6. Faktor biotik

   Pertumbuhan massal suatu jenis gulma air tergantung dari jenis lainnya yang tumbuh bersamanya. Gulma air eceng gondok yang berasal dari Amerika Selatan di Indonesia dapat tumbuh dengan baik, karena tidak ada musuh-musuh alami dari tempat asalnya yang terbawa ke Indonesia.

Dibalik kemampuannya untuk menyerap unsur-unsur kimia toksik di perairan, ternyata dalam pertumbuhan dan perkembangan eceng gondok (*Eichhornia crassipes (Mart.) Solm.*) dipengaruhi oleh unsur-unsur kimia yang terkandung di air. Pengaruh pertumbuhan dan perkembangan eceng gondok oleh unsur-unsur kimia dapat dihambat atau dipacu, tergantung pada jenis dan banyaknya unsur kimia yang diserap (Sulton dan Blackburn, 1971). Logam-logam berat yang terkandung dalam air dapat menghambat perkembangan dan pertumbuhan eceng gondok. Besarnya daya hambat logam-logam tersebut tergantung pada kandungannya dalam air, jenis logam dan koeksistensinya (Soemarwoto, 1987).

3.2 Fitoremediasi

Istilah fitoremediasi berasal dari kata Inggris dari kata *phytoremediation*: kata ini sendiri tersusun atas dua bagian kata yaitu *phyto* yang berasal dari kata Yunani *phton* (= "tumbuhan") dan *remediation* yang berasal dari kata Latin *remedium* (= "menyembuhkan", dalam hal ini juga berarti "menyelesaikan masalah dengan cara memperbaiki kesalahan dan kekurangan") (Anonimous, 1999). Dengan demikian fitoremediasi dapat didefinisikan sebagai penggunaan

tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan, atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik.

Fitoremediasi merupakan teknologi pembersihan, penghilangan atau pengurangan polutan berbahaya, seperti logam berat, pestisida, dan senyawa organik beracun dalam tanah atau air dengan menggunakan bantuan tanaman. Teknologi ini mulai berkembang dan banyak digunakan karena memberikan banyak keuntungan. Teknologi ini potensial untuk diaplikasikan, aman untuk digunakan dan dengan dampak negatif relatif kecil, memberikan efek positif yang multiguna terhadap kebijakan pemerintah, komunitas masyarakat dan lingkungan, biaya relatif rendah, mampu mereduksi volume kontaminan dan memberikan keuntungan langsung bagi kesehatan.

Fitoremediasi dapat dibagi menjadi fitoekstraksi, rizofiltrasi, fitodegradasi dan fitovolatilisasi. Fitoekstraksi mencakup penyerapan kontaminan oleh akar tumbuhan dan translokasi atau akumulasi senyawa itu ke bagian tumbuhan seperti akar, daun atau batang. Rizofiltrasi adalah pemanfaatan kemampuan akar tumbuhan untuk menyerap, mengendapkan, dan mengakumulasi logam dan aliran limbah. Fitodegradasi adalah metabolisme kontaminan di dalam jaringan tumbuhan misalnya oleh enzim dehalogenasi dan oksigenasi. Fitostabilisasi adalah suatu fenomena diproduksinya senyawa kimia tertentu untuk mengimobilisasi kontaminan di daerah rizosfer. Fitovolatilisasi terjadi ketika tumbuhan menyerap kontaminan dan melepasnya ke udara lewat daun, dapat pula senyawa kontaminan mengalami degradasi sebelum dilepas lewat daun (Priyanto dan Prayitno, 2004).

Fitoremediasi merupakan salah satu teknologi yang relatif baru mencuat, efisien dan estetik melalui pemanfaatan jasa tumbuhan hijau dan ataupun yang berasosiasi dengannya untuk mengurangi polutan lingkungan untuk kasus polusi air, tanah maupun udara oleh polutan radioaktif nuklir, metal maupun polutan organik. Dikatakan relatif baru karena sebetulnya pendekatan ini telah ada sejak dulu, semisal pemanfaatan gulma air " kiambang " (eceng gondok) yang telah terbukti dapat mereduksi polutan di badan perairan air tawar, meskipun belakangan tanaman ini menimbulkan masalah lain berupa pendangkalan perairan.

Penggunaan tumbuhan sebagai agensia pembersih lingkungan bukan hal yang baru. Sejak lama kita telah mengenal manfaat tumbuhan sebagai "pengusir zat beracun dari udara" sehingga adanya tumbuhan dianggap sebagai penyegar udara di sekitarnya. Dengan makin dipahaminya fisiologi dan genetika tumbuhan, maka pemanfaatan tumbuhan sebagai agensia pembersih lingkungan dapat makin diperluas cakupannya dan diperhitungkan manfaatnya dari segi rekayasa serta nilai ekonominya (Priyanto dan Prayitno, 2004).

Teknologi ini sangat efektif, biaya murah dalam alternatif yang bila dibandingkan dengan pembersihan tanah dan stabilisasi tanah yang konfensional dengan membandingkan beberapa tanaman atau pohon dan spesies rumput untuk menghilangkan dan mendegradasi atau mengimprobilisasi bahan kimia yang berbahaya dari tanah (Suthersan, 1997).

Penggunaan fitoremediasi disebabkan sejumlah tanaman memiliki sifat menghilangkan logam berat atau senyawa organik. Logam atau senyawa organik tersebut diserap oleh akar, kemudian ditranslokasi di dalam tubuh tumbuhan dan

terjadi lokalisasi logam atau senyawa organik pada jaringan. Translokasi di dalam tubuh tumbuhan terjadi setelah logam atau senyawa organik di bawa masuk ke sel akar, kemudian diangkut melalui jaringan pengangkut yaitu xylem dan floem ke bagian tumbuhan lain. Sedangkan lokalisasi logam atau senyawa organik pada jaringan untuk mencegah peracunan logam atau senyawa organik terhadap sel, tumbuhan mempunyai kemampuan detoksifikasi, misal menimbun logam atau senyawa organik ke dalam organ tumbuhan tertentu seperti akar (Priyanto, B., dkk, 2004).

Penggunaan fitoremediasi untuk teknologi pengolahan limbah, antara lain insinerator, landfill, dan pencucian secara kimia juga menimbulkan kekhawatiran. Terutama kemungkinan akibat yang ditimbulkan bila tanaman yang telah menyerap logam berat tersebut dikonsumsi oleh hewan dan serangga. Dampak negatif yang dikhawatirkan adalah terjadinya kematian pada hewan atau terjadinya akumulasi logam pada predator-predator jika mengkonsumsi tanaman yang telah digunakan dalam proses fitoremediasi (Eriyawan, 2001).

Kekurangan fitoremediasi adalah kontaminan yang terdapat di bawah kedalaman akar tidak dapat diekstrak dan tanaman atau pohon tersebut tidak bisa tumbuh pada tanah di setiap posisi tanah yang terkontaminasi karena toksisitas kontaminan. Sebagai tumbuhan proses remediasi dapat berlangsung lama untuk konsentrasi kontaminan untuk mencapai level yang diatur dan pada akhirnya membutuhkan masa yang lama agar remediasi dapat bejalan sesuai yang diharapkan (Suthersan, 1997).

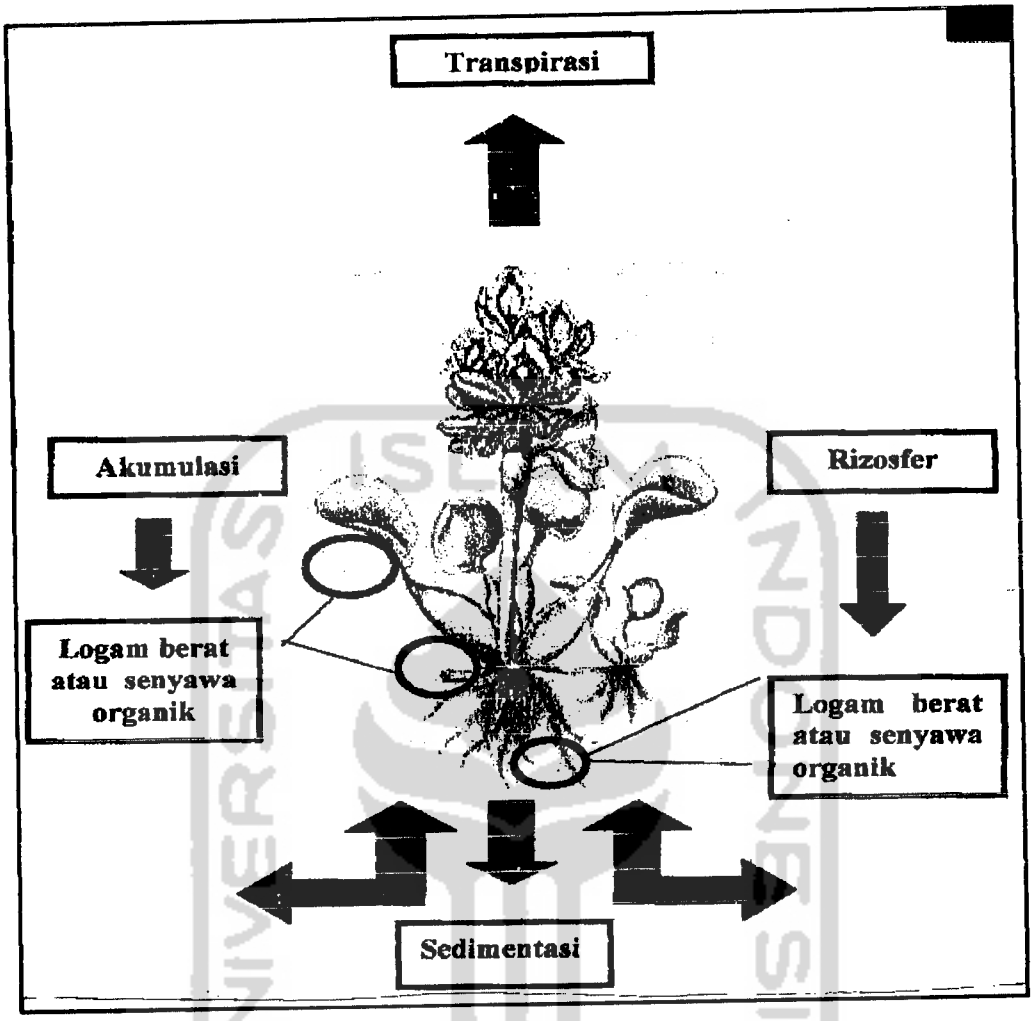
3.3 Mekanisme penyerapan fenol oleh tumbuhan

Penyerapan dan akumulasi fenol oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga proses sinambung, yaitu penyerapan fenol oleh akar, translokasi fenol dari akar ke bagian lain tanaman dan lokalisasi fenol pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut. Fenol dalam air yang diserap olah tumbuhan langsung dibawa di sekitar akar (rizosfer). Setelah fenol masuk ke dalam akar, selanjutnya fenol diangkut melalui jaringan pengangkut, yaitu xylem dan floem ke bagian tumbuhan lain. Untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan, fenol diikat oleh molekul khelat. Berbagai molekul khelat yang berfungsi mengikat fenol dihasilkan oleh tumbuhan. Untuk mencegah peracunan fenol terhadap sel, tumbuhan mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya menimbun fenol di dalam organ tumbuhan tertentu seperti akar, batang dan daun (Priyanto, B, dkk, 2004).

Mekanisme yang dilakukan oleh tumbuhan untuk menghadapi konsentrasi toksik adalah :

(a). Penanggulangan untuk meminimumkan pengaruh toksik dilakukan melalui empat pendekatan yaitu lokalisasi (intraseluler atau ekstraseluler) yang terjadi pada bagian akar, ekskresi secara aktif melalui kelenjar pada tajuk atau secara pasif melalui akumulasi pada daun-daun tua yang diikuti dengan pengguguran daun, dielusi dengan melemahkan melalui pengenceran dan inaktivasi secara kimia.

(b). Toleransi tumbuhan dengan cara mengembangkan sistem metabolik yang dapat berfungsi pada konsentrasi toksik.



Gambar 2. Mekanisme penyerapan fenol oleh akar (Auliya, 2004)

Sel-sel akar tanaman umumnya mengandung ion dengan konsentrasi yang lebih tinggi daripada medium sekitarnya dan biasanya bermuatan negatif. Penyerapan ini melibatkan energi, sebagai konsekuensi dan keberadaannya, kation memperlihatkan adanya kemampuan masuk kedalam sel secara pasif ke dalam gradien elektrokimia, sedangkan anion harus diangkut secara aktif ke dalam sel akar tanaman sesuai dengan keadaan gradien konsentrasi melawan gradien elektrokimia (Foth, 1991).

Menurut Fitter dan Hay (1981), terdapat dua cara penyerapan ion kedalam akar tanaman:

1. Aliran massa, ion dalam air bergerak menuju akar ke gradien potensial yang disebabkan oleh transpirasi
2. Difusi, gradien konsentrasi dihasilkan oleh pengambilan ion pada permukaan akar

Dalam pengambilan ion ada dua hal penting, yaitu energi metabolik yang diperlukan dalam penyerapan unsur hara sehingga apabila respirasi akar dibatasi maka pengambilan unsur hara sebenarnya sedikit dan proses pengambilan bersifat selektif, tanaman mempunyai kemampuan untuk menyeleksi penyerapan ion tertentu pada kondisi lingkungan yang luas (Foth, 1991).

Mekanisme penghilangan kontaminan organik oleh tumbuhan ada dua cara yaitu :

1. Pengambilan secara langsung kontaminan organik fenol dan akumulasi dari metabolit non fitotoksit pada jaringan tumbuhan
2. Pelepasan enzim yang menstimulasi aktivitas mikroba di daerah akar

Penyerapan fenol oleh tumbuhan akuatik dapat menimbulkan keuntungan dan kelebihan, antara lain :

1. Proses adsorbsi merupakan keuntungan karena pengambilan fenol melalui ekstraksi lebih mudah dilakukan oleh tumbuhan
2. Proses adsorpsi merupakan hal yang merugikan apabila fenol terbawa masuk ke dalam rantai makanan hewan dan manusia.

3.4 Spektrofotometer UV - Vis

3.4.1 Teori Spektrofotometer UV - Vis

Spektrofotometri adalah alat yang terdiri dari spektrometer dan fotometer. Spektrometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu, sedangkan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau yang diabsorbsi. Jadi, spektrofotometer digunakan untuk mengukur energi secara relatif jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan, atau diemisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang. Kelebihan spektrofotometer dibandingkan fotometer adalah panjang gelombang dari sinar putih dapat lebih terseleksi dan ini diperoleh dengan alat pengurai seperti prisma, grating ataupun celah optis (Khopkar, 1990).

Spektrofotometer merupakan suatu alat instrumen untuk mengukur transmitans atau absorban suatu contoh sebagai fungsi panjang gelombang, pengukuran terhadap sederetan sampel pada suatu panjang gelombang tunggal dapat pula dilakukan. Penerapan spektrofotometri ultraviolet dan tampak pada senyawaan organik didasarkan pada transisi n - π^* ataupun π - π^* sehingga pada molekul ini memerlukan gugus kromafor. Transisi ini terjadi dalam daerah spektrum sekitar 200 – 700 nm. Spektrofotometer UV-Vis beroperasi pada daerah 175-200 nm ke 2000 nm (Day R., A. dan Underwood, 1999).

3.4.2 Prinsip dasar

Prinsip dasar Spektrofotometri UV-Vis didasarkan pada absorpsi sinar ultraviolet/tampak oleh suatu molekul yang memiliki gugus kromofor yang biasanya memberikan larutan berwarna. Pada peristiwa absorpsi, tenaga sinar

yang diserap digunakan untuk mempromosikan elektron molekul dari tingkat tenaga dasar (M) ke tingkat tenaga tereksitasi (M*). Elektron yang berada pada keadaan tereksitasi bersifat tidak stabil dan waktu hidupnya terbatas, yaitu antara 10^{-9} sampai dengan 10^{-8} detik. Spesies ini akan segera mengalami relaksasi yaitu kembali ke tingkat energi yang lebih rendah atau ke keadaan dasar. Pada umumnya relaksasi terjadi dengan pelepasan kembali tenaga sinar dalam bentuk radiasi sinar. Setiap spesies penyerap mempunyai tingkatan tenaga sehingga akan menyerap sinar pada panjang gelombang yang spesifik (Skoog, 1990).

3.4.3 Analisis kuantitatif

Analisa kuantitatif secara spektrofotometri UV-Vis dilakukan berdasarkan hukum Bouguer-Lambert-Beer. Hukum Bouguer-Lambert-Beer menyatakan bahwa Jumlah cahaya yang diserap oleh suatu zat dalam larutan sebanding dengan konsentrasi zat dalam larutannya (Khopkar, 1990).

Aspek kuantitatif dari metode spektrofotometri diterangkan oleh hukum Lambert-Beer, yaitu :

$$Po = Pa + Pt \qquad \text{(i)}$$

$$T = \frac{Pt}{Po} = 10^{-abc} \qquad \text{(ii)}$$

$$\log (T) = \log\left[\frac{Pt}{Po}\right] = -abc \qquad \text{(iii)}$$

$$\log\left[\frac{1}{T}\right] = \log\left[\frac{Po}{Pt}\right] = abc = A \qquad \text{(iv)}$$

$\left[\frac{1}{T}\right] = T^{-1}$, opasitas (tidak tembus cahaya)

$A = -\text{Log } T = a\ b\ c$ (v)

$A = a\ b\ c$

Dimana Po = intensitas radiasi yang masuk

Pa = intensitas cahaya yang diabsobsi

Pt = intensitas cahaya yang dipantulkan

A = absorbansi

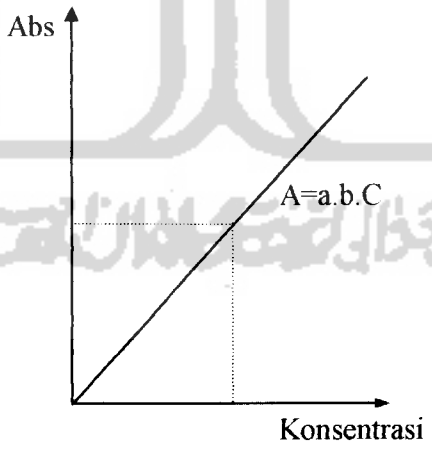
T = transmitansi

a = absorptivitas molar, $Lcm^{-1}.mol^{-1}$

b = tebal kuvet, cm

c = konsentrasi zat yang menyerap sinar, mol/L

Dengan demikian absorbansi suatu spesies akan merupakan fungsi dari konsentrasi, sehingga dengan mengukur absorbansi , konsentrasi dapat ditentukan.



Gambar 3. Kurva Kalibrasi

Pada Spektrofotometer, penentuan konsentarsi suatu senyawa dilakukan dengan membandingkan kekuatan serapan cahaya oleh larutan contoh terhadap larutan standar yang telah diketahui konsentrasinya. Terdapat dua cara penentuan konsentrasi suatu zat dalam contoh yaitu cara kurva kalibrasi dan cara standar adisi. Pada cara yang pertama dibuat terlebih dahulu sederetan larutan standar, diukur serapannya, kemudian dibuat kurva kalibrasi antara konsentrasi terhadap serapan. Konsentrasi zat dalam contoh dapat ditentukan dengan mengukur serapannya kemudian ditentukan konsentrasinya dengan menggunakan kurva kalibrasi. Cara yang kedua dilakukan dengan menambahkan sejumlah larutan contoh yang sama ke dalam larutan standar (Sastrohamidjojo, 2001).

Dalam setiap analisis kuantitatif perlu dilakukan langkah-langkah utama dan baku, yaitu :

a. Pembentukan warna, (untuk pengukuran dengan sinar tampak, dan zat yang tidak berwarna atau warnanya kurang kuat)
b. Penentuan panjang gelombang maksimum
c. Pembuatan kurva kalibrasi
d. Pengukuran konsentrasi contoh

3.4.4 Instrumentasi

Alat Spektrofotometer UV-Vis terdiri atas rangkaian alat yang terlihat dalam diagram skematik berikut ini (Sastrohamidjojo, 2001) :



Gambar 4. Diagram Spekrofotometer UV-Vis (Sastrohamidjojo, 2001)

Suatu spektrofotometer tersusun dari sumber spektrum tampak yang kontinu, monokromator, sel pengabsorbsi untuk larutan sampel atau blanko dan alat untuk mengukur perbedaan absorpsi antara sampel dan blanko ataupun pembanding.

Unit Spektrofotometer UV-Vis terdiri atas tiga komponen utama yaitu :

1. Sumber radiasi

Sumber atau cahaya merupakan piranti yang memberikan radiasi untuk spektrofotometri UV-Vis. Sumber yang digunakan pada spektrometer absorbsi adalah lampu wolfram. Kebaikan lampu wolfram adalah energi radiasi yang dibebaskan tidak bervariasi pada berbagai panjang gelombang. Untuk memperoleh tegangan yang stabil dapat digunakan transformator.

Sumber radiasi yang ideal untuk pengukuran serapan harus menghasilkan spektrum kontinu dengan intensitas yang seragam pada keseluruhan kisaran panjang gelombang yang sedang dipelajari.

sensitivitas tinggi sehingga dapat mendeteksi tenaga cahaya yang mempunyai tingkatan rendah sekalipun, waktu respon yang pendek dan stabilitas yang panjang atau lama untuk menjamin respon secara kuantitatif.

3.5 Hipotesis

Salah satu jenis buangan senyawa organik yang banyak dihasilkan dalam proses industri adalah fenol. Fenol dan senyawanya merupakan polutan yang mempunyai toksisitas tinggi. Apabila limbah industri yang mengandung fenol langsung dibuang tanpa diolah terlebih dahulu akan membahayakan lingkungan. Salah satu metode yang dikembangkan untuk mengatasi limbah senyawa organik di perairan dengan metode fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes (Mart.) Solm.*). Oleh karena itu hipotesis penelitian ini disusun sebagai berikut :

1. Pola tanam berpengaruh terhadap kemampuan penyerapan fenol oleh tanaman eceng gondok.
2. Waktu kontak berpengaruh terhadap efektifitas penyerapan fenol oleh tanaman eceng gondok.
3. Laju penyerapan fenol oleh tanaman.

BAB IV
METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Alat dan bahan

4.1.1 Alat

1. Pot plastik 5 Liter
2. Timbangan merk Lion Star
3. Timbangan analitik (merck Sartorius BP 410)
4. pH meter (merck WTW)
5. Spektrofotometri UV- Vis (merck Hitachi U-2010)
6. Pengaduk dan pemanas (merck Labinco-L34)
7. Peralatan gelas

4.1.2 Bahan

1. Sampel tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes (Mart). Solms*) dengan berat 200 – 250 g
2. Aquades
3. Kristal fenol, C_6H_5OH p.a (merck)
4. Asam nitrat, HNO_3 65 % p.a (merck)
5. Ammonium hidroksida, NH_4OH p.a (merck)
6. 4-Aminoantipirin, $C_{11}H_{13}(NH_2)_3O$ p.a (merck)
7. Kalium ferisianida, $K_4Fe(CN)_6$ p.a (merck)
8. Kloroform, $CHCL_3$ p.a (merck)
9. Natrium hidroksida, NaOH p.a (merck)

10. Kalium dihidrophosphat, KH_2PO_4 p.a (merck)
11. Asam klorida, HCl 2 M p.a (merck)
12. Asam sulfat, H_2SO_4 p.a (merck)
13. Kertas saring Whatman 41

4.2 Variabel penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian laboratorium, media tanam menggunakan air dengan pH Buffer fosfat 7 dan penambahan fenol 100 ppm. Perlakuan terhadap tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes (Mart.). Solm*) mencakup 3 pengamatan yaitu pengaruh pola tanam, waktu kontak tanaman dan laju penyerapan fenol oleh tanaman.

4.2.1 Pola tanam

Untuk meneliti pengaruh pola tanam terhadap daya serap fenol oleh tanaman eceng gondok pada konsentrasi 100 ppm. Variasi yang dilakukan pada penelitian yaitu : (i). Panen dengan waktu tanam sama, media berbeda (ii). Panen dengan waktu tanam sama, media sama (iii). Panen dengan waktu tanam berbeda, media sama.

4.2.2 Waktu kontak

Untuk meneliti pengaruh waktu kontak yang efektif terhadap daya serap fenol oleh tanaman eceng gondok pada konsentrasi 100 ppm. Variasi waktu kontak tanaman selama 7, 14 dan 21 hari. Dalam penelitian ini juga dilakukan variasi waktu kontak tanaman selama 24 jam yaitu 6, 12, 18 dan 24 jam sehingga dapat diketahui waktu kontak yang paling efektif terhadap penyerapan fenol.

4.2.3 Laju penyerapan

Untuk mengetahui besarnya laju penyerapan fenol oleh tanaman eceng gondok pada konsentrasi 100 ppm selama 24 jam perlakuan tanaman, sehingga dapat diketahui besarnya laju penyerapan fenol oleh akar tanaman eceng gondok tiap µg serapan fenol per jam.

4.3 Cara kerja

4.3.1 Pekerjaan pendahuluan

4.3.1.1 Anti kontaminan

Anti kontaminan merupakan perlakuan terhadap peralatan gelas pada laboratorium sebelum digunakan untuk analisa agar alat-alat tersebut terbebas dari kotoran yang dapat menyebabkan gangguan pada saat analisis. Sebelum digunakan, peralatan gelas terlebih dahulu direndam semalam dalam HNO_3 10 % (v/v). Setelah itu dibilas dengan aquades dan dikeringkan pada tempat yang bebas debu (Carasek, 2002).

4.3.1.2 Pembuatan larutan induk Fenol 1000 ppm

Sebanyak 1 gram fenol dilarutkan dengan aquades di dalam labu ukur 1000 mL, kemudian diencerkan sampai tepat pada tanda batas.

4.3.1.3 Pembuatan larutan buffer fosfat

Larutan buffer fosfat yang digunakan dalam penelitian ini merupakan campuran KH_2PO_4 dan NaOH, dengan komposisi 100 mL KH_2PO_4 0,1 M ditambahkan dengan x mL NaOH 0,1 M. Untuk 0,1 M KH_2PO_4 dibuat dengan melarutkan 1,36 gram KH_2PO_4 dengan akuades dalam labu ukur 100 mL sedangkan untuk 0,1 M NaOH dibuat dengan melarutkan 4 gram NaOH dengan

akuades dalam labu ukur 100 mL. Untuk pembuatan larutan buffer fosfat pH 7, dibuat dengan mencampurkan 100 mL KH_2PO_4 0,1 M dengan 58,2 mL NaOH 0,1 M (Robinson dan Stokes, 1968) (Perhitungan lengkap disajikan pada lampiran 1).

4.3.1.4 Penentuan kondisi analisis pereaksi dengan analit

Sebanyak 6 labu takar 25 mL masing-masing dimasukkan berturut-turut 0,5 mL; 1 mL; 1,5 mL; 2 mL; 3 mL; 4 mL larutan standar fenol 1000 ppm, ditambahkan 2,5 ml larutan NH_4OH 0,5 M dan diatur pH menjadi 7 dengan penambahan buffer fosfat, ditambahkan 1 ml larutan 4-aminoantipirin dan 1 ml larutan kalium ferisianida, kemudian ditambahkan aquades sampai tanda batas, dikocok dan dibiarkan selama 5 menit. Larutan dimasukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer UV-Vis. Absorbansi di ukur pada panjang gelombang 504 nm (Perhitungan lengkap disajikan pada lampiran 1).

4.4 Penumbuhan tanaman eceng gondok

Penumbuhan tanaman eceng gondok dilakukan dengan cara :

1. Terlebih dahulu dilakukan penanaman eceng gondok yang sebelumnya telah dicuci dan dibersihkan dengan air untuk adaptasi tanaman (Aklimasi) berdasarkan perkiraan umur yang sama, bobot tanaman yang sama, jumlah ruas yang sama, panjang akar yang sama, densitas (perkiraan jumlah akar sama) akar yang sama, dan tanaman tidak memiliki perpanjangan stolon atau dengan kata lain tanaman tunggal.
2. Masing-masing tanaman eceng gondok dipilih dan ditimbang dengan berat basah 200-250 gram.

3. Dilakukan pekerjaan pendahuluan yaitu dengan penambahan konsentrasi fenol 100 ppm dalam pot media tanam yang berisi 4 L air kran dan dilakukan pada waktu pengamatan tanaman 7, 14 dan 21 hari, dimana pH larutan dibuat sama yaitu pH 7.
4. Disiapkan 10 Pot, masing-masing Pot diisi air kran sebanyak 4 L dan diadaptasikan selama 7 hari.
5. Tunas-tunas yang dihasilkan dari penanaman pendahuluan dipelihara sampai umur yang dikehendaki yaitu berumur 7, 14 dan 21 hari.
6. Kemudian 10 Pot yang sudah berisi tanaman dikelompokkan sebagai tahapan perlakuan tanaman eceng gondok yang berbeda-beda, hal ini untuk memberikan variasi hasil yang diperoleh.

4.4.1 Tahapan kontrol

Pada tahapan ini disiapkan 1 buah pot yang berisi satu ruas tanaman eceng gondok dengan pH 7 tanpa pemberian senyawa organik fenol.

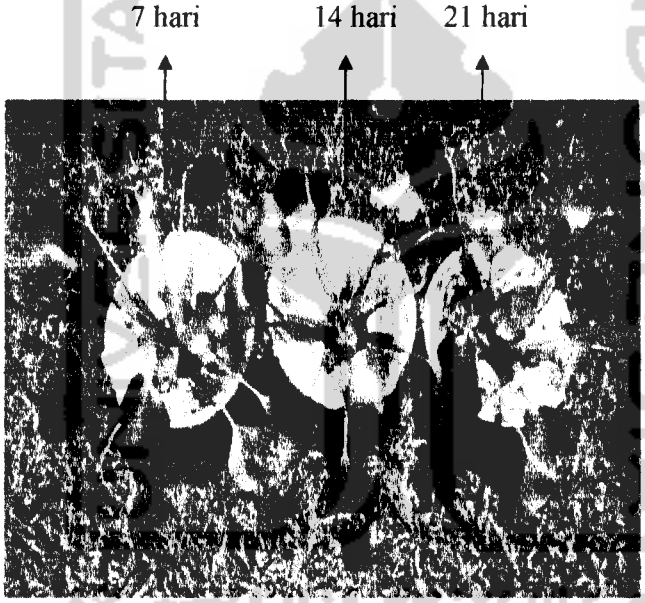


Gambar 5. Tanaman kontrol

4.4.2 Tahapan perlakuan

1. Tahapan Isolasi

Pada tahapan ini disediakan 3 buah pot yang setiap potnya berisi 1 ruas tanaman eceng gondok, dimana setiap pot diberikan perlakuan yang sama yaitu: diberi air dengan jumlah yang sama, penambahan fenol yang sama dan parameter tanaman yang sama. Hal ini bertujuan agar proses penyerapan fenol pada tanaman yang satu dengan yang lain sama walaupun dengan perbedaan waktu kontak. Sehingga dapat dibuat :



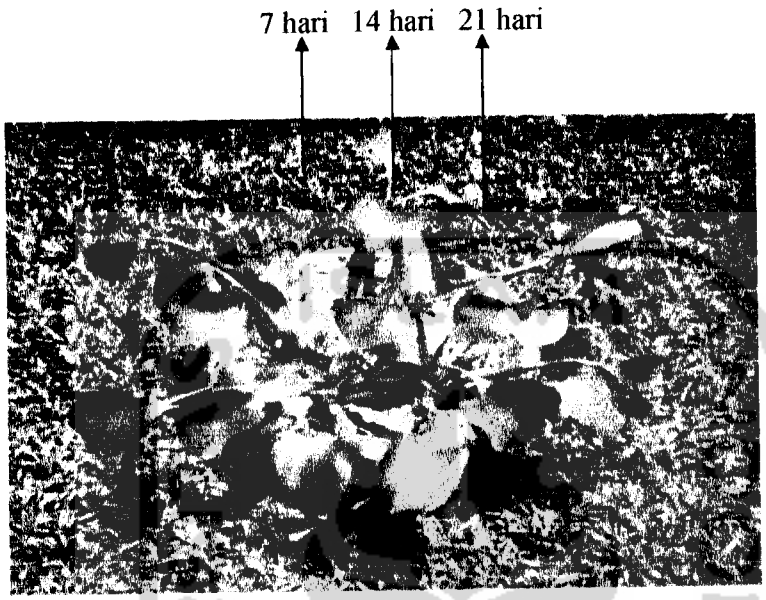
Gambar 6. Tanaman Isolasi

Tiga Pot masing-masing 1 tanaman ditambahkan larutan fenol 100 ppm untuk waktu pengamatan 7, 14 dan 21 hari pada pH 7.

2. Tahapan *Harvesting*

Dimana pada tahapan ini disediakan 1 buah pot yang berisi 3 ruas tanaman eceng gondok dengan parameter tanaman yang sama dan ditanam pada waktu

yang sama tetapi dengan variasi waktu kontak yang berbeda yaitu pada 7, 14 dan 21 hari. Sehingga dapat dibuat :

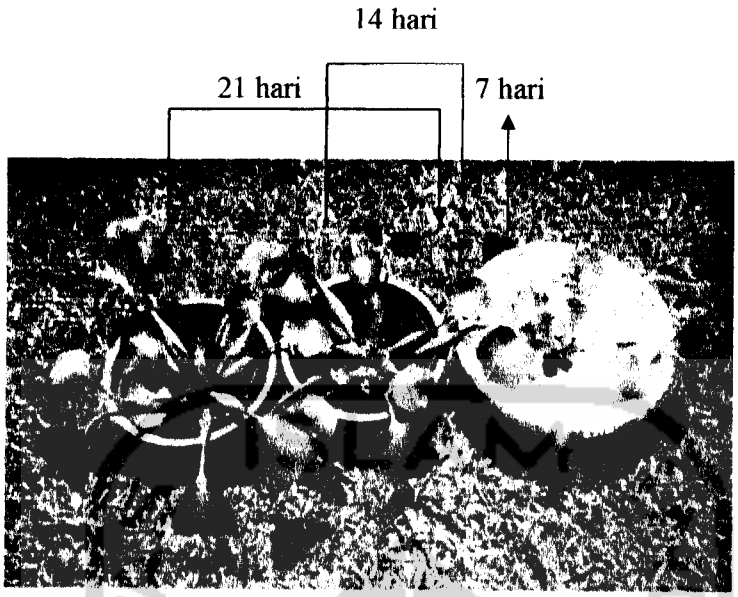


Gambar 7. Tanaman Harvesting

Satu Pot untuk 3 tanaman ditambahkan larutan fenol 100 ppm untuk waktu pengamatan 7, 14 dan 21 hari pada pH 7.

3. Tahapan pergantian

Pada tahapan ini hampir sama dengan tahapan *harvesting*, perbedaannya terletak pada cara penanaman tanaman eceng gondok. Pada tahapan harvesting tanaman eceng gondok ditanam pada waktu yang bersamaan, sedangkan pada tahapan ini tanaman eceng gondok ditanam pada waktu yang berbeda dengan waktu kontak yang berbeda pula, namun ditanam pada media yang sama atau media tidak mengalami perubahan jumlah air dan jumlah senyawa organik fenol.



Gambar 8. Tanaman Pergantian

Satu Pot untuk pergantian 3 tanaman ditambahkan larutan fenol 100 ppm untuk waktu pengamatan 7, 14 dan 21 hari pada pH 7.

4.4.3 Preparasi sampel

4.4.3.1 Teknik destruksi basah

Masing-masing sampel akar tanaman eceng gondok dihancurkan hingga halus, diambil 10 gram bubuk akar kemudian didestruksi dengan 100 ml HCl 2 M selama 45 menit pada suhu 90 °C sambil diaduk dengan pengaduk magnet. Suspensi didinginkan, kemudian suspensi tersebut disaring menggunakan kertas saring Whatman 41 (Gallet dan Labreton, 1995).

4.4.3.2 Teknik Ekstraksi

Setelah dilakukan destruksi basah, sampel ditambahkan larutan NaOH sampai pH 12. Kemudian dimasukkan dalam corong pisah, ditambahkan 5 mL kloroform dan digojog selama 10 menit. Lapisan yang terbentuk kemudian

dipisahkan. Lapisan air kemudian diekstraksi 2 kali lagi dengan masing-masing ekstraksi digunakan 5 mL kloroform. Ekstraksi ini bertujuan untuk memisahkan senyawa-senyawa organik selain senyawa fenol yang mungkin akan mengganggu selama analisis. Lapisan air kemudian ditambah H_2SO_4 pekat sampai pH 3 (Nurneini, 2003).

4.5 Analisa Spektrofotometri UV-Vis

4.5.2 Pembuatan kurva kalibrasi

Membuat seri larutan 0, 1, 2, 3, 4, dan 5 ppm dengan mengambil 0,0 ml; 0,25 ml; 0,5 ml; 0,75 ml; 1 ml; 1,25 ml dari larutan standar fenol 100 ppm, ke dalam seri larutan tersebut ditambahkan 2,5 ml larutan NH_4OH 0,5 M dan diatur pH menjadi 7 dengan penambahan buffer fosfat. Ditambahkan 1 ml larutan 4-aminoantipirin dan 1 ml larutan kalium ferisianida, dimasukkan masing-masing ke dalam labu ukur 25 ml ditambahkan aquades sampai tanda batas, dikocok dan dibiarkan selama 15 menit. Larutan dimasukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 504 nm, absorbansi dicatat untuk membuat kurva standar atau persamaan regresi linier (Anonim, 1991).

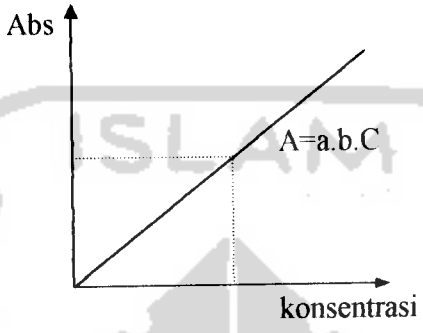
(Perhitungan lengkap disajikan pada lampiran 1)

4.5.3 Penentuan konsentrasi fenol

Larutan sampel ditambah 2,5 ml larutan NH_4OH 0,5 M dan diatur pH menjadi 7 dengan penambahan buffer fosfat. Ditambahkan 1 ml larutan 4-aminoantipirin dan 1 ml larutan kalium ferisianida sambil diaduk dan dibiarkan selama 5 menit. Larutan dimasukkan ke dalam kuvet dan diukur absorbansinya

menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 504 nm (Anonim, 1999).

Perhitungan konsentrasi fenol menggunakan persamaan regresi linier yang di dapat dari kurva standar.



Dengan persamaan: $Y = b X + a$

Dimana : a = intersep

b = slope

BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini dilakukan analisis fenol pada akar tanaman eceng gondok menggunakan variasi pola tanam yaitu isolasi, pergantian dan harvesting secara spektrofotometri uv-vis berdasarkan reaksi antara fenol dalam air dengan 4-aminoantipirin pada pH 7 dalam suasana larutan kalium ferrisianida sehingga akan membentuk warna merah dari antipirin. Untuk mendapatkan hasil dengan sensitivitas yang tinggi, maka perlu dilakukan penentuan kondisi optimum analisis yaitu panjang gelombang, waktu kestabilan dan penentuan kondisi analisis pereaksi 4-aminoantipirin dengan analit fenol. Hasil penentuan kondisi optimum analisis digunakan untuk menentukan kurva standar absorbansi *versus* konsentrasi. Kondisi optimum analisis yang diperoleh selanjutnya diaplikasikan untuk menentukan konsentrasi fenol.

5.1 Penentuan Kondisi Optimum Analisis

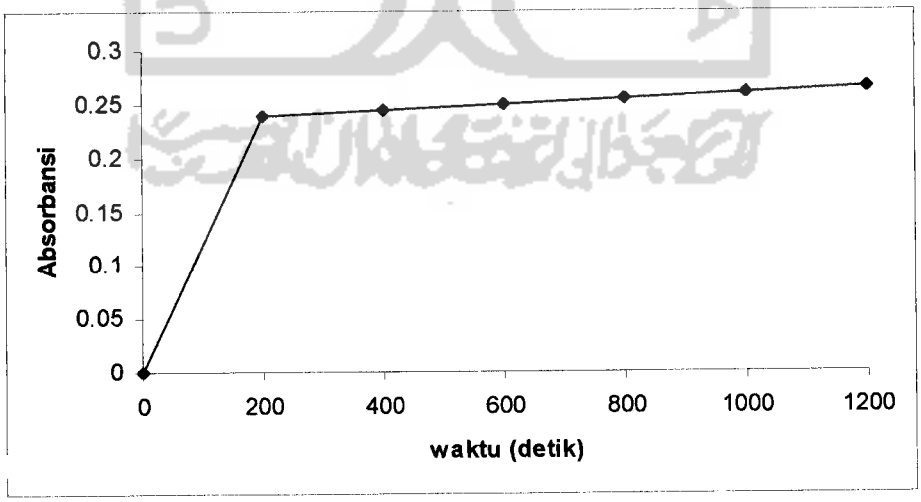
5.1.1 Penentuan panjang gelombang sinar dengan absorbansi maksimum

Penentuan panjang gelombang sinar dengan absorbansi maksimum merupakan hal yang penting dalam analisis secara spektrofotometri uv-vis. Pada penelitian ini penentuan panjang gelombang sinar dengan absorbansi maksimum dilakukan dengan mengukur absorbansi kompleks antipirin pada kisaran panjang gelombang 430 – 600 nm. Kompleks antipirin diperoleh dengan mereaksikan 4-aminoantipirin dan kalium ferisianida pada pH 7 dengan analit fenol. Hasil pengamatan absorbansi pada berbagai panjang gelombang untuk fenol disajikan pada lampiran 5.

Panjang gelombang sinar dengan absorbansi maksimum fenol dengan 4-aminoantipirin adalah 504 nm. Pada panjang gelombang sinar yang memberikan absorbansi maksimum, perubahan kecil konsentrasi menyebabkan berubahnya absorbansi yang relatif besar sehingga akan meningkatkan sensitivitas. Indeks absorbansi molar pada panjang gelombang sinar dengan absorbansi maksimum relatif konstan dan kurva standar absorbansi sebagai fungsi konsentrasi akan mengikuti hukum Bouguer-Lambert-Beer (Pecsock dkk, 1976). Untuk langkah selanjutnya pengukuran absorbansi dilakukan pada panjang gelombang sinar 504 nm.

5.1.2 Stabilitas kompleks

Penentuan waktu stabilitas kompleks bertujuan untuk mengetahui saat dimana senyawa kompleks yang terbentuk mulai stabil dan jangka waktu kestabilan senyawa kompleks yang telah terbentuk sampai diperoleh reaksi yang konstan. Hasil pengukuran waktu stabilitas kompleks fenol dengan 4-aminoantipirin disajikan pada gambar 9.

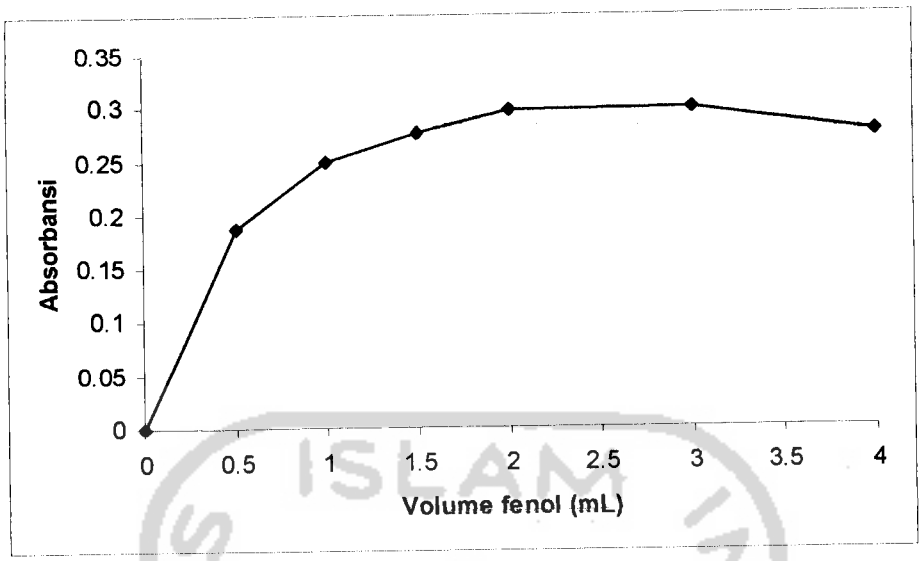


Gambar 9. Stabilitas kompleks fenol dengan 4-aminoantipirin

Gambar 9 menunjukkan bahwa stabilitas kompleks fenol dengan 4-aminoantipirin dapat terbentuk dengan cepat, absorbansi larutan mengalami kenaikan yang berarti pada kisaran waktu 0-200 detik atau 4 menit setelah sampel ditambahkan pereaksi 4-aminoantipirin, kompleks relatif stabil setelah 300 detik atau 5 menit penambahan pereaksi 4-aminoantipirin dan masih stabil sampai dengan 20 menit. Untuk langkah selanjutnya pengukuran absorbansi dilakukan setelah 5 menit penambahan pereaksi 4-aminoantipirin karena kompleks yang terbentuk sudah stabil. Apabila pengukuran absorbansi dilakukan sebelum waktu 5 menit penambahan pereaksi 4-aminoantipirin maka pengukuran absorbansi sampel belum maksimal karena komplek yang terbentuk belum stabil.

5.1.3 Penentuan kondisi analisis pereaksi dengan analit

Penentuan kondisi analisis pereaksi dengan analit bertujuan untuk mengetahui jumlah pereaksi minimum yang harus ada dalam larutan sehingga semua analit dapat bereaksi dengan 4-aminoantipirin membentuk kompleks antipirin. Pada penelitian ini, penentuan perbandingan mol minimum pereaksi dengan analit dilakukan dengan mereaksikan larutan fenol dengan volume yang bervariasi pada konsentrasi yang tetap dengan pereaksi 4-aminoantipirin pada pH 7 dalam suasana larutan kalium ferrisianida. Absorbansi deret larutan standar tersebut diukur pada kondisi optimum untuk masing-masing analit.



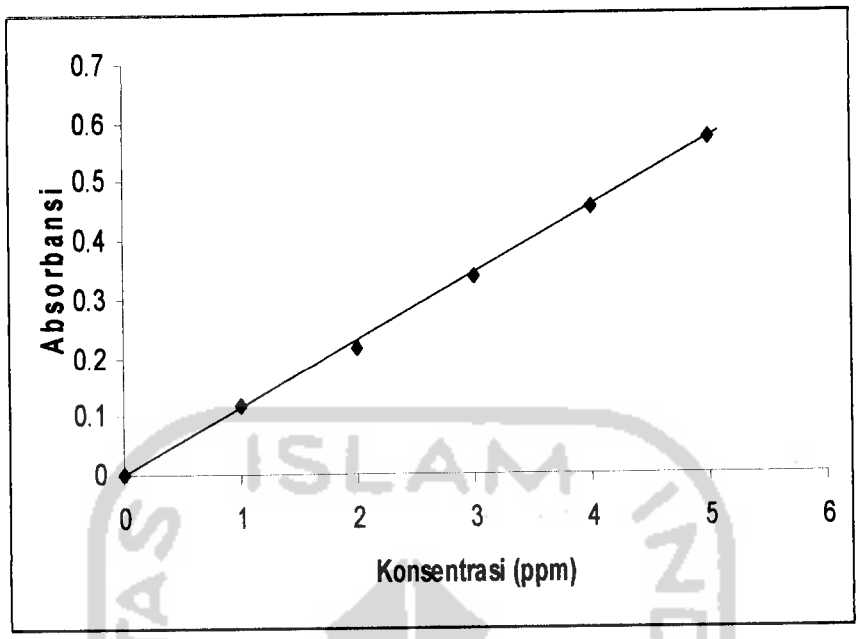
Gambar 10. Kurva absorbansi sebagai fungsi penambahan volume fenol

Gambar 10 menunjukkan bahwa semakin besar perubahan volume analit maka absorbansinya akan bertambah. Hal ini terjadi karena reaksi masih berlangsung dengan adanya penambahan analit, dan pada penambahan 3 mL volume analit fenol, perubahan absorbansi larutan tidak berubah secara berarti atau bahkan konstan. Semakin besar jumlah analit yang ditambahkan maka jumlah pereaksi 4-aminoantipirin yang bereaksi juga semakin banyak sehingga kompleks antipirin yang terbentuk semakin bertambah, hal ini sesuai dengan hukum Lambert-Beer yang menyatakan bahwa kenaikan absorbansi sebanding dengan konsentrasi. Namun apabila semua pereaksi 4-aminoantipirin telah habis bereaksi dengan analit, maka penambahan analit tidak akan menaikkan jumlah komplek antipirin yang terbentuk sehingga absorbansinya relatif konstan. Dari absorbansi fungsi penambahan volume analit diperoleh bahwa volume maksimum penambahan fenol 1000 ppm dengan perbandingan volume minimum pereaksi 4-aminoantipirin dengan analit fenol adalah 1:2,5. Hal ini dapat dijelaskan bahwa

kompleks antipirin dapat habis bereaksi dengan penambahan 0,009 mol pereaksi 4-aminoantipirin pada 0,030 mol analit fenol. Jumlah mol pereaksi dengan analit hasil penelitian berbeda dengan hasil reaksi antara fenol dengan 4-aminoantipirin yaitu 1 : 1 karena pada penelitian ini yang dianalisis bukan hanya fenol yang diserap oleh tumbuhan tetapi juga fenol yang ada pada tumbuhan itu sendiri sehingga memerlukan pereaksi yang lebih banyak apabila dibandingkan analisis pada fenol murni.

5.1.4 Kurva Kalibrasi

Kurva kalibrasi dibuat dengan mengukur absorbansi deret larutan standar, kemudian dibuat grafik hubungan absorbansi sebagai fungsi konsentrasi. Pereaksi 4-aminoantipirin dan kalium ferisianida pada pH 7 direaksikan dengan fenol dan diperlakukan berdasarkan kondisi-kondisi optimum untuk analisis fenol tersebut. Untuk analisis fenol, kurva kalibrasi dibuat pada rentang konsentrasi 0-5 ppm dengan interval kenaikan konsentrasi sebesar 1 ppm. Absorbansi larutan diukur pada panjang gelombang 504 nm dengan menggunakan pereaksi 4-aminoantipirin dan kalium ferisianida pada pH 7 sebagai larutan blanko. Hasil pengukuran absorbansi terhadap fenol disajikan pada gambar 11.



Gambar 11. Kurva kalibrasi untuk analisis fenol

Gambar 11 memperlihatkan bahwa grafik hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi menghasilkan suatu garis lurus sehingga diperoleh persamaan y = 0,1139x serta koefisien korelasi (r) sebesar 0,9996 untuk daerah konsentrasi 0-5 ppm. Koefisien korelasi ini menunjukkan linearitas kurva. Kurva kalibrasi yang memiliki harga r ≈ 1 menunjukkan korelasi yang sempurna antara absorbansi dengan konsentrasi larutan (keabsahan hukum Bouguer-Lambert-Beer terpenuhi). Pada daerah konsentrasi yang lebih besar dari 5 ppm dimungkinkan keabsahan hukum Bouguer-Lambert-Beer masih terpenuhi, namun pada penelitian ini hanya dilakukan pada daerah konsentrasi sampai 5 ppm.

5.2 Perlakuan awal tanaman

Tanaman eceng gondok dengan berat basah 200-250 g diaklimasikan pada pot media yang berisi air kran agar tanaman dapat beradapatasi dengan lingkungan yang baru sehingga pada saat perlakuan tanaman sudah dapat tumbuh

dengan baik. Setelah aklimasi selama 7 hari, ke dalam pot media tanam diberikan larutan fenol 100 ppm dan buffer fosfat pH 7. Pada penelitian ini dilakukan pekerjaan pendahuluan dengan cara membandingkan besarnya konsentrasi fenol yang dapat diserap oleh akar tanaman eceng gondok dalam keadaan media tanam yang terbuka dengan media tanam yang ditutup alumunium foil. Perlakuan terhadap tanaman dibuat sama yaitu dengan penambahan fenol 100 ppm dan buffer fosfat pH 7 pada waktu kontak 7 hari. Dari hasil analisis diperoleh nilai absorbansi fenol untuk media tanam yang terbuka adalah 0,898 dan 1,212 untuk media tanam yang tertutup dengan konsentrasi fenol 109,128 ± 0,290 µg/g dan 154,325 ± 1,004 µg/g. Data analisis tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi serapan fenol pada media tanam yang tertutup lebih besar daripada media tanam yang terbuka. Pada media tanam yang terbuka, fenol lebih mudah dan cepat teroksidasi oleh udara sehingga mempengaruhi penyerapan akar tanaman. Sedangkan pada media tanam yang tertutup, fenol mempunyai kemungkinan lebih kecil dan lambat untuk teroksidasi dengan udara. Selain itu tingkat penguapan fenol juga lebih sedikit karena media air tidak terkena sinar matahari secara langsung sehingga akar tanaman lebih maksimal dalam menyerap fenol. Berdasarkan data analisis tersebut, untuk selanjutnya penanaman eceng gondok dilakukan pada pot media tanam yang tertutup alumunium foil.

5.3 Analisis Fenol

5.3.1 Perlakuan awal sampel

Sampel akar tanaman eceng gondok yang mengandung fenol dipotong-potong dan ditimbang 10 g berat kering kemudian didestruksi dengan asam

klorida (HCl). Teknik destruksi yang digunakan adalah teknik destruksi basah menggunakan asam klorida sebagai pereaksi karena ion klorida mempunyai kemampuan untuk membentuk komplek yang larut dalam banyak unsur. Selain itu destruksi sampel menggunakan asam memiliki keuntungan yaitu kelebihan asam dapat dengan mudah dihilangkan.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sampel akar tanaman kontrol juga mengandung fenol, karena di dalam tumbuhan mengandung senyawa organik lain seperti polifenol, selulosa, kloroplas, dll. Pada saat destruksi maka rantai ikatan antara C, H dan O sebagai unsur utama penyusun tumbuh-tumbuhan lepas sehingga dengan penambahan asam polifenol dapat berubah menjadi senyawa fenol.

Mengingat bahwa di dalam tumbuhan juga mengandung senyawa organik lain maka sebelum dilakukan analisis terlebih dahulu dilakukan ekstraksi untuk mengambil senyawa fenol dari sampel. Pemisahan senyawa fenolik dilakukan dengan cara penambahan larutan natrium hidroksida (NaOH) sampai pH 12. Setelah dilakukan panambahan NaOH kemudian larutan ditambah kloroform dan digojog sehingga diperoleh fasa air dan fasa organik. Setelah itu fasa air dipisahkan dan diekstraksi ulang sebanyak 2 kali. Ekstraksi dilakukan berulang-ulang untuk mendapatkan senyawa fenolik dengan kemurnian yang cukup.

$$C_6H_5OH + NaOH \rightleftharpoons C_6H_5O^- + Na^+ + H_2O$$

Fenol basa ion fenoksida

Ekstraksi dilakukan pada kondisi larutan basa (pH 12) mengingat bahwa angka banding distribusi dari senyawa fenolik dapat berubah akibat adanya

perubahan harga pH larutan. Dalam larutan basa ($[H^+]$ rendah; pH tinggi), maka harga koefisien distribusi akan menjadi kecil dan fenol pada fasa air sebagian besar berbentuk ion fenoksida. Selain itu untuk senyawa yang bersifat asam lemah, proses ionisasi dapat terjadi pada suasana pH larutan di atas harga pKa dari senyawa tersebut, sedangkan pada pH yang lebih kecil dari harga pKa-nya proses ionisasi akan terhambat (Suhardono dkk, 1993). Bila keadaan larutan fenolik yang bersifat asam lemah ditambahkan suatu larutan hidroksida seperti NaOH sampai pH-nya diatas pKa-nya (harga pKa senyawa fenolik sekitar 10), maka senyawa tersebut akan mengalami ionisasi. Fenol akan mengalami ionisasi menjadi ion fenoksida.

$$C_6H_5OH \rightleftharpoons C_6H_5O^- + H^+$$

$$C_6H_5O^- + H^+ + H_2SO_4 \rightleftharpoons C_6H_5OH + H^+ + HSO_4^-$$

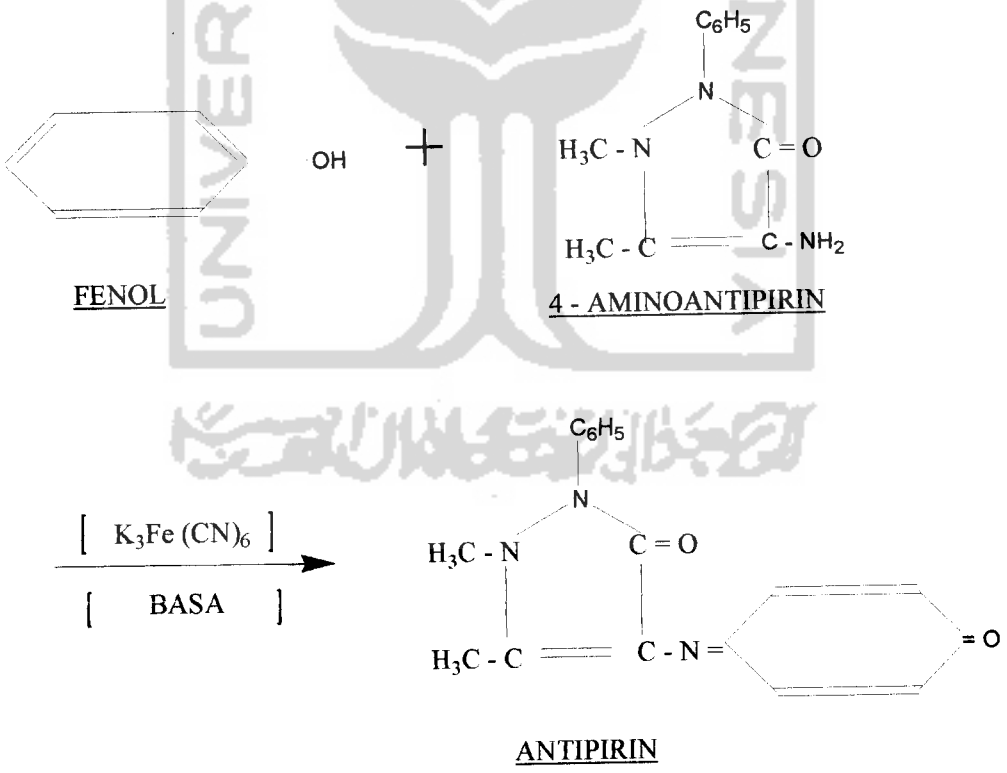
Ion fenoksida fenol

Ion fenoksida yang diperoleh dari hasil ekstraksi kemudian diubah kembali ke bentuk ArOH. Hal ini dilakukan dengan penambahan larutan H_2SO_4 pekat sampai asam (pada penelitian ini penambahan dilakukan hingga pH larutan menjadi 3). Selain untuk mencegah terjadinya ionisasi dari senyawa fenolik pada saat analisis, pH larutan dipilih 3 karena menurut Nurneini, F., (2003), analisis untuk senyawa fenol diperoleh kondisi optimum pada pH larutan sama dengan 3.

5.3.2 Analisis konsentrasi fenol

Analisis konsentrasi fenol dengan mereaksikan sampel akar yang telah didestruksi dan diekstrak pengotornya dengan menambahan larutan ammonium

hidroksida (NH_4OH), pereaksi 4-aminoantipirin dan kalium ferisianida pada pH 7. Penambahan larutan ammonium hidroksida yang bersifat basa untuk menaikkan pH larutan agar menjadi netral sehingga dengan penambahan buffer fosfat dapat mempertahankan pH larutan tetap dalam keadaan netral yaitu pH 7. Setelah itu ditambahkan larutan 4-aminoantipirin yang berfungsi sebagai pengompleks dan membuat larutan menjadi berwarna, dengan penambahan larutan kalium ferisianida kompleks warna yang terbentuk menjadi lebih stabil sehingga dapat bereaksi dengan fenol dan dapat dianalisis menggunakan spektrofotometri uv-vis dengan panjang gelombang 504 nm yaitu pada daerah visibel. Reaksi antara 4-aminoantipirin dengan fenol dalam suasana kalium ferisianida pada pH 7 adalah :



FENOL

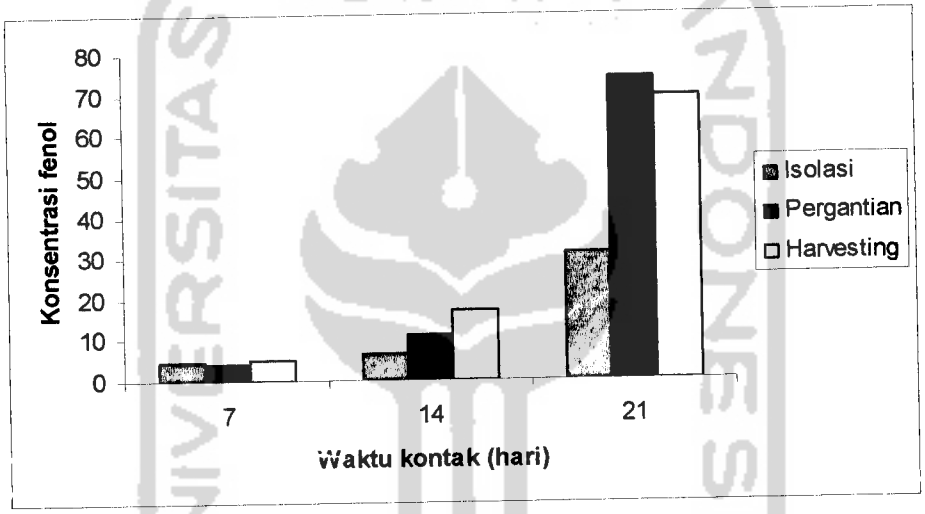
4 - AMINOANTIPIRIN

ANTIPIRIN

(West, D. B., et al., www. Probrewer.com).

5.4 Waktu kontak tanaman

Waktu kontak merupakan waktu untuk melihat paparan terlama tanaman dalam menyerap fenol sampai tanaman menjadi mati. Waktu kontak tanaman yang digunakan pada penelitian ini adalah 7, 14 dan 21 hari. Selain itu juga dilakukan analisis pada waktu kontak 6, 12, 18 dan 24 jam. Hubungan waktu kontak dan konsentrasi fenol oleh tanaman eceng gondok dengan variasi hari ditunjukkan pada gambar 12.



Gambar 12. Pengaruh waktu kontak (hari) terhadap penyerapan fenol oleh tanaman eceng gondok dengan konsentrasi 100 ppm

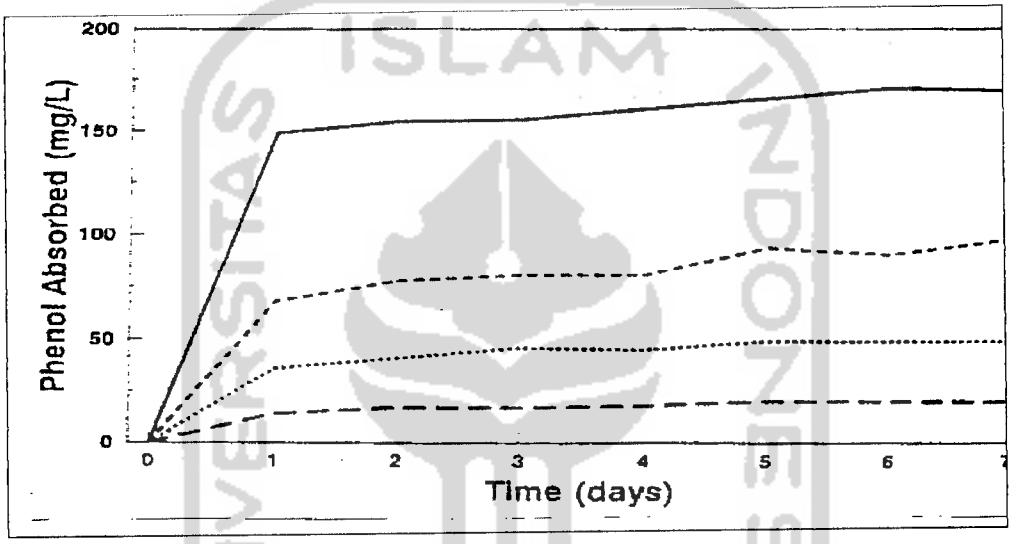
Tanaman menyerap fenol melalui akar-akarnya, di dalam akar tanaman membentuk siderofor yang dapat mengikat fenol dan membawanya ke dalam sel akar melalui transport aktif. Setelah fenol dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya fenol diangkut melalui jaringan pengangkut xylem dan floem ke bagian tumbuhan lain. Gambar 1 memperlihatkan bahwa waktu kontak berperan terhadap efek translokasi fenol dari akar ke bagian tanaman yang lain. Pada waktu kontak 7 hari fenol tertimbun pada bagian akar sehingga penyerapan fenol pada

ketiga tanaman hampir sama. Demikian juga pada waktu kontak 14 hari fenol masih berada pada bagian akar tanaman, hanya sedikit yang terakumulasi ke bagian lain. Hal ini ditunjukkan dengan adanya kenaikan konsentrasi yang tidak terlalu besar. Kemudian pada hari ke-21 fenol mulai naik ke bagian tanaman yang lain melalui floem dan xylem. Hal ini menyebabkan akar tanaman mulai mampu menyerap fenol lebih banyak dari keadaan semula. Jika penelitian ini diteruskan pada waktu kontak 22 hari dan seterusnya kemungkinan tanaman akan mengalami keracunan dan metabolisme tanamam akan terganggu.

Gambar 12 memperlihatkan bahwa besarnya serapan fenol oleh akar tanaman semakin meningkat dengan semakin bertambahnya waktu kontak tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa eceng gondok mempunyai kemampuan yang besar terhadap penyerapan fenol. Pada tahapan isolasi dengan waktu kontak 7, 14 dan 21 hari serapan fenol adalah 4,460 ± 6,289 µg/g; 6,503 ± 2,245 µg/g dan 30,901 ± 2,776 µg/g. Pada tahapan pergantian serapan fenol adalah 4,246 ± 1,098 µg/g; 11,055 ± 1,662 µg/g dan 73,781 ± 0,584 µg/g. Sedangkan pada tahapan harvesting serapan fenol adalah 5,260 ± 0,598 µg/g; 17,284 ± 2,919 µg/g dan 69,317 ± 0,656 µg/g.

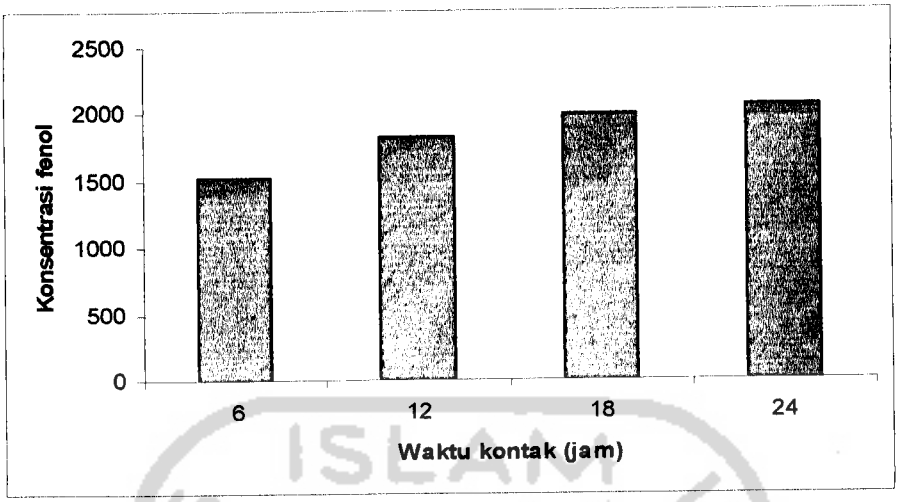
Hasil penelitian Nor (1994) menyimpulkan bahwa penyerapan fenol oleh tanaman eceng gondok terjadi kenaikan pada waktu kontak 24 jam dengan variasi konsentrasi 200 mg/L, 100 mg/L, 50 mg/L dan 20 mg/L. Setelah waktu kontak lebih dari 24 jam penyerapan fenol oleh akar tanaman eceng gondok relatif konstan pada berbagai variasi konsentrasi selama 7 hari perlakuan. Hal ini bertentangan dengan hasil penelitian disebabkan karena pada penelitian terdahulu

bukan akar tanaman eceng gondok yang dianalisis melainkan air yang tersisa dalam media tanam. Besarnya serapan fenol oleh tanaman diketahui dengan cara membandingkan antara jumlah fenol yang ditambahkan ke dalam media air pada awal perlakuan dengan jumlah fenol dalam media air yang masih ada atau tersisa setelah diserap oleh tanaman. Hubungan waktu kontak (hari) dengan penyerapan fenol oleh eceng gondok ditunjukkan pada gambar 13.



Gambar 13. Pengaruh waktu kontak dan konsentrasi terhadap penyerapan fenol oleh tanaman eceng gondok (Nor, 1994)

Berdasarkan hasil penelitian tersebut juga dilakukan analisis terhadap akar tanaman eceng gondok pada konsentrasi fenol 100 mg/L selama 24 jam dengan variasi waktu kontak 6, 12, 18 dan 24 jam. Hubungan waktu kontak dengan serapan fenol oleh tanaman eceng gondok ditunjukkan pada gambar 14.



Gambar 14. Pengaruh waktu kontak (jam) terhadap penyerapan fenol oleh tanaman eceng gondok pada konsentrasi 100 ppm

Gambar 14 memperlihatkan bahwa besarnya serapan fenol oleh akar tanaman eceng gondok semakin meningkat dengan bertambahnya waktu kontak. Pada waktu kontak 24 jam fenol belum terakumulasi ke bagian lain tanaman sehingga fenol masih tertimbun di dalam akar, dengan semakin bertambahnya waktu kontak maka serapan fenol semakin besar. Apabila akar sudah tidak mampu menimbun fenol maka akan ditranslokasikan ke bagian lain tanaman. Besarnya konsentrasi fenol yang diserap oleh akar pada waktu kontak 6,12,18 dan 24 jam adalah 130,509 ± 19,702 μg/g; 160,670 ± 8,339 μg/g; 177,445 ± 1,088 μg/g dan 184,746 ± 2,085 μg/g.

Data analisis tersebut juga dapat menunjukkan laju penyerapan fenol oleh tanaman eceng gondok dalam tiap μg fenol per jam. Pada waktu kontak 24 jam menunjukkan bahwa kemampuan penyerapan fenol oleh tanaman eceng gondok pada konsentrasi 100 mg/L sebesar 7,7 μg fenol per jam.

Kecepatan dan banyaknya penyerapan fenol dari dalam air oleh tanaman eceng gondok dipengaruhi oleh :

1. Jenis zat yang dapat bercampur

Pada umumnya di dalam tanaman sudah mengandung zat-zat organik maupun anorganik tertentu yang dibutuhkan untuk metabolisme tumbuhan. Apabila tanaman tumbuh pada air yang tercemar maka tanaman akan lebih banyak menyerap zat-zat lain yang tidak dibutuhkan oleh tanaman dan dapat bercampur di dalam tubuh sehingga pada konsentrasi tertentu dapat menyebabkan toksisitas tanaman.

2. Unsur

Unsur-unsur yang di dalam air berada dalam bentuk senyawa organik dan anorganik, ada yang mudah larut dalam air dan tidak. Apabila unsur hara tersebut mudah larut dalam air maka dapat diserap dengan mudah oleh tanaman.

3. Ukuran tanaman

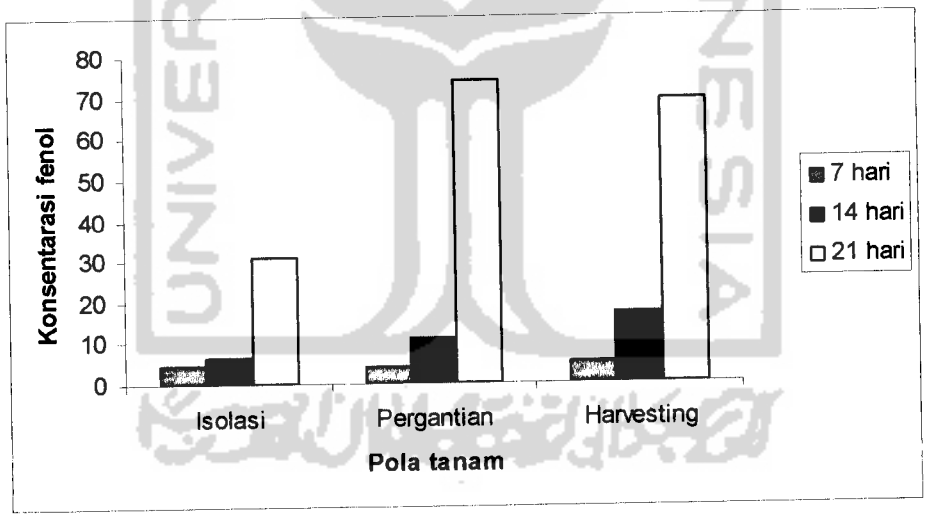
Ukuran tanaman juga berpengaruh terhadap penyerapan tanaman, tanaman yang berukuran sedang lebih mudah menyerap unsur-unsur yang ada di dalam air (Widyanto, 1975). Tumbuhan dengan berat basah 200 gram dalam waktu 10 hari dapat menaikkan nilai pH atau menurunkan derajat keasaman. Selain itu COD dan BOD dapat tereduksi masing-masing sampai 44 % dan 53 % (Haider, 1984).

5.5 Pola tanam

Variasi pola tanam dalam penelitian ini adalah tahapan isolasi, tahapan pergantian dan tahapan harvesting. Tahapan isolasi terdiri dari 3 tanaman yang ditanam dalam pot media yang berbeda dengan perbedaan waktu kontak pada

masing-masing tanaman, tetapi dengan memberikan perlakuan yang sama. Tahapan pergantian hampir sama dengan tahapan isolasi yaitu menggunakan 3 tanaman tetapi dengan pot media yang sama untuk ke-3 tanaman dengan sistem penanaman yang dilakukan secara bergantian sesuai dengan perbedaan waktu kontak. Tahapan harvesting yaitu tahapan dimana ke-3 tanaman perlakuan ditanam dalam 1 pot media dengan waktu penanaman sama tetapi waktu kontaknya berbeda. Perbedaan pola tanam bertujuan untuk mengetahui cara penanaman yang efektif terhadap besarnya penyerapan fenol oleh akar tanaman eceng gondok apabila diberikan perlakuan yang sama terhadap tanaman.

Hubungan pola tanam dengan penyerapan fenol oleh tanaman eceng gondok ditunjukkan pada gambar 15.



Gambar 15. Pengaruh pola tanam terhadap penyerapan fenol oleh tanaman eceng gondok

Gambar 15 menunjukkan bahwa pola tanam memberikan pengaruh terhadap penyerapan fenol oleh akar tanaman eceng gondok, terlihat bahwa pada tahapan isolasi dan pergantian besarnya konsentrasi fenol yang diserap tanaman

hampir sama karena perlakuannya juga hampir sama yaitu terjadi kenaikan serapan fenol dengan bertambahnya waktu kontak. Tahapan harvesting mempunyai kemampuan penyerapan paling besar. Hal ini karena tanaman mampu menyerap fenol secara optimal, bukan hanya fenol dalam media yang habis terserap tetapi juga kemungkinan fenol yang mengendap dalam media juga terserap oleh tanaman karena adanya penambahan air. Apabila dilihat dari cara penanamannya tahapan harvesting memiliki kelebihan dibanding tahapan isolasi dan pergantian yaitu apabila diaplikasikan pada kolam-kolam pembuangan limbah, tanaman pada tahapan harvesting dapat langsung ditanam secara bersama-sama. Selain itu, limbah fenol yang ada lebih cepat habis karena secara bersama-sama langsung diserap oleh banyak tanaman sehingga kemungkinan besar hanya sedikit fenol yang teroksidasi oleh udara.

5.6 Fitotoksin fenol

Eceng gondok masih mampu menyerap fenol pada waktu kontak 21 hari. Semakin lama waktu kontak tanaman, semakin besar konsentrasi fenol yang dapat diserap. Karena semakin banyak fenol yang menumpuk dalam jaringan tumbuhan semakin tinggi pula daya toksisitasnya sehingga mengganggu proses metabolisme yang dilakukan tumbuhan sampai akhirnya mengalami kematian.

Tanaman dapat tumbuh dengan baik apabila persyaratan untuk pertumbuhannya tercukupi dengan baik. Indikator yang menunjukkan perkembangan dan pertumbuhan pada tanaman yaitu : akar tampak tumbuh dan berkembang dengan baik, rambut-rambut akar panjang-panjang dan lebat.

Lembaran daun berwarna hijau segar sampai hijau tua dan tidak layu. Batang berwarna hijau segar.

Tanaman yang subur dan sehat dapat mengalami kematian karena pengaruh media di sekitarnya. Tanaman eceng gondok yang mengalami gangguan morfologik dapat dilihat pada perbedaan morfologinya. Indikator yang menunjukkan toksisitas pada morfologi tanaman adalah :

1. Pada bagian akar tanaman, rambut akar terlihat jarang dan berwarna coklat kehitaman, sebagian bulu-bulu akar rontok
2. Pengaruh toksisitas dapat juga terlihat pada bagian batang yang membusuk dan berwarna hijau keputihan.
3. Pada bagian daun, terlihat dari warna daun hijau kecoklatan, daun yang berwarna hijau terlihat ujung-ujungnya pucat, gugur dan layu. Kuncup daun tidak dapat berkembang dengan baik dan akhirnya menggulung.
4. Tunas yang sudah dihasilkan sebelum penanaman terhenti pertumbuhannya (Ahmady, 1993).

Tanaman masih dapat tumbuh dengan subur setelah penambahan fenol pada waktu kontak 7 hari. Fenol yang terserap oleh tanaman masih tertimbun pada bagian akar sehingga rambut-rambut akar berwarna coklat kehitaman. Hal ini dapat terlihat pada gambar 16.

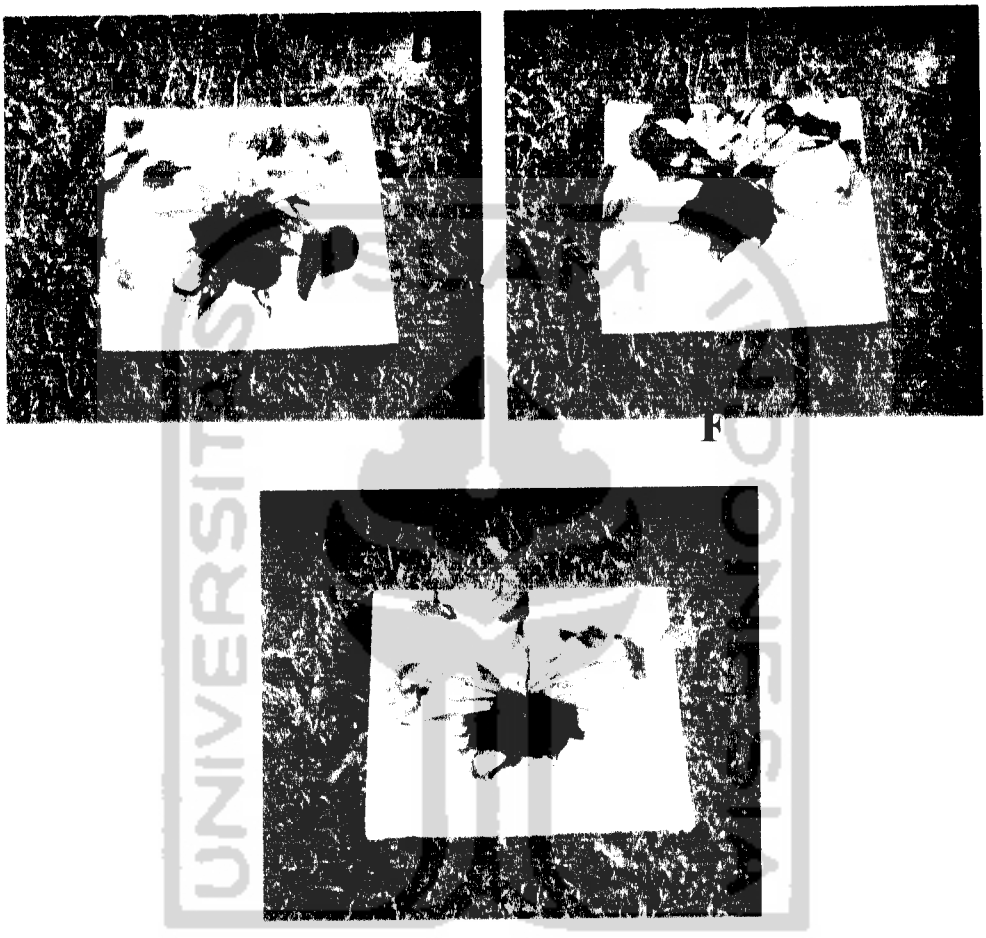


Gambar 16. Toksisitas fenol pada waktu kontak 7 hari

Kondisi fitotoksin pada tanaman diakibatkan karena adanya pengaruh pola tanam dan waktu kontak dengan tanaman. Pada hari ke-14 dan 21 tanaman mulai keracunan, fenol yang diserap oleh akar mulai naik ke bagian lain tanaman sehingga daun menjadi layu, berwarna kekuningan dan batang mulai membusuk. Akar tanaman berwarna coklat kehitaman dan rambut-rambut akar rontok. Pada

hari ke-21 batang dan daun yang membusuk mulai berguguran. Tanaman yang mulai keracunan dapat terlihat pada gambar 17 dan 18.

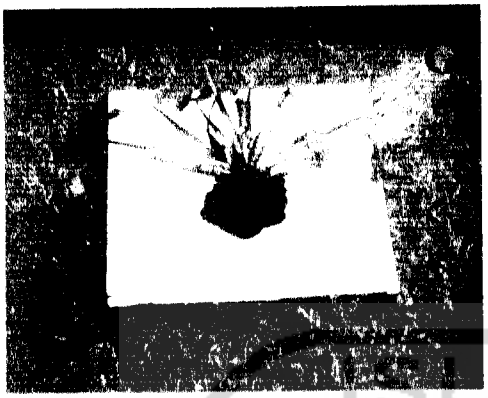
ISOLASI PERGANTIAN



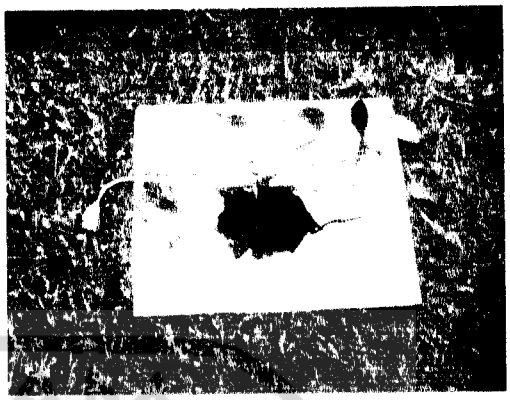
HARVESTING

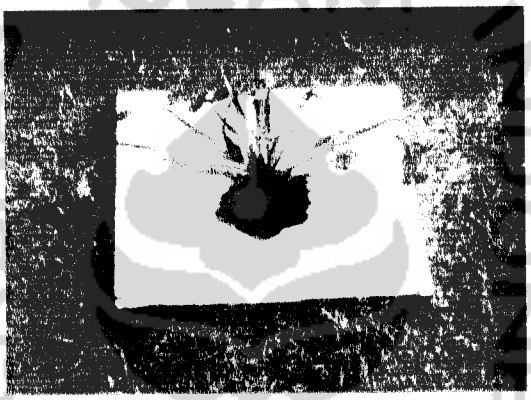
Gambar 17. Toksisitas fenol pada waktu kontak 14 hari

ISOLASI



PERGANTIAN





HARVESTING

Gambar 18. Toksisitas fenol pada waktu kontak 21 hari

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
PERPUSTAKAAN
FMIPA

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada data hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab terdahulu dapat disimpulkan hal-hal sebagi berikut :

1. Waktu kontak fenol dengan tanaman mempengaruhi penyerapan fenol. Tanaman menghasilkan serapan fenol optimum pada waktu kontak 24 jam dengan konsentrasi 100 ppm sebesar 184,746 ± 2,085 μg/g.
2. Pola tanam tidak mempengaruhi penyerapan fenol oleh tanaman.
3. Laju penyerapan fenol oleh tanaman pada konsentrasi 100 mg/L sebesar 7,7 μg fenol per jam.

6.2 Saran

Untuk melengkapi penelitian ini perlu diteliti lebih lanjut mengenai :

1. Perlu diteliti lebih lanjut konsentrasi fenol pada air yang terdapat pada media tanam
2. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut tentang kemampuan tanaman eceng gondok dalam menyerap zat-zat organik selain fenol.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmadi, D., 1993, *Efektifitas Penyerapan Merkuri dan Pengaruhnya Pada Enceng Gondok (Eichhornia Crassipes (Mart.). Solm)*, Skripsi Fakultas Biologi Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

Alexander, M., 1961, *Intraduction to Soil Microbiology*, Topan Company, LTD, Tokyo, Japan, p.163-180.

Anonim, 1991, *Standar Nasional Indonesia, Pengujian Kualitas Ais Sumber dan Limbah Cair*, Direktorat Pengembangan Laboratorium Rujukan dan Pengolahan Data, Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, Jakarta

Anonim,2002,*http://www.kompas.com/kompascetak/0307/02inspirasi/404854.htm* diakses tanggal 20 Desember 2003.

Anonim, 1991, *Standar Nasional Indonesia, Pengujian Kualitas Ais Sumber dan Limbah Cair*, Direktorat Pengembangan Laboratorium Rujukan dan Pengolahan Data, Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, Jakarta.

Anonimous, 1999, *Cool Word of the Day*, The Learning Kingdom, Inc. URL: http://www.cool_fact.com/archive/1999/08/24.html.

Auliya, 2004, *Kajian Fitoremediasi Logam Zn dengan Tanaman Eceng Gondok (Eichhornia crassipes (Mart.). Solms)*, Skripsi Fakultas MIPA Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Burson, J.L., 1985, *Industrial Toxicology*, Van Nostrand Reinhold Inc., New York.

Carasek, E., Wick, Tonjes, J., Scharf, M., 2002, *A Nem Method of Microvolume Back Extraction Procedure for Enrichment of Pb and Cd and Determination by Flame Atomatic Absorption Spectrometry*, Talanta 56 (2002) 185-191.

Day, R. A., Underwood, A. L., 1999, *Analisis Kimia Kuantitatif*, Erlangga, Jakarta.

Davis, R., D. and C., Calton, Smith, 1980, *Crop as Indicators of The Significance of Contaminaton of Soil by Heavy Metals*, Tech. Rept. 140 Water Research Center, Stevenage, UK.

Dhahiyat, Y., 1982, *Aspek Biologi gulma Air dalam Analisa dampak Lingkungan*, 30 Agustus – 11 September, Lembaga Ekologi Universitas Padjadjaran, Bandung, p.1-10.

Dix, H. M., 1981, *Environmetal Pollution*, John Wiley and Sons, New York.

Eriyawan, 2001, *http://www.terranet.or.id/goto-berita.php?id=3241* diakses tanggal 3 januari 2004.

Firdaus, 2002, http://www.geocities.com/selingsing/Fitoremediasi/02.htm diakses tanggal 25 Desember 2003.

Fitter, A.H., dan R, K, M, Hay., 1981, *Fisiologi Lingkungan Tanaman*, Gadjah Mada University Press, Jogjakarta.

Foth, H.D., 1991, *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*, Gadjah Mada University Press, Jogjakarta.

Gallet, C., dan Lebreton, P., 1995, *Soil Biol. Biochem*, vol 27 p. 157-165

Gopal, B., 1987, *Water Hyacinth*, Esevier, New york, p. 281-289.

Haider, S.Z., K.M.A. Malik, M.M. Rahman and M.A. Ali, 1984, *Pollution Control by Waterhyacinth, Proceed of The International Conf on Waterhyacinth*, United Nation Environment Programe, Nairobi.

Khopkar, S.M., 1990, *Konsep Dasar Kimia Analitik*, Universitas Indonesia, Jakarta, p.195.

Lawrence, G.H.M., 1985, *Taxonomi of Vascular Plant.* The Macmilan Co., New York.

Lehoczky, E., Nemeth, T., Kiss Z. and Szalai, T., 2002, *Heavy Metal Uptake By Ryegrass, Lettuce and White Mustard Plants On Different Soil*, Communication in Soil Science and Plant Analysis, Thailand.

Nor., M., 1994, *Phenol Removal by Eichhornia Crassipes in the Presence of Trace Metal.*, Wat. Res. Vol. 28. Elsevier Science Ltd, Great Britain.

Nurneini, F., 2003, *Kajian Analisis Senyawa Fenol dan 2-Naftol secara Spektrofotometer UV-Tampak menggunakan Reagen Besi(III)/1,10-Fenantrolin*, Skripsi Fakultas MIPA, UGM.

Pessock L. R., dan L., D., Cairns, 1976, *Modern Methods of Chemical Analysis, edisi ke-2,* John Wiley and Sons, New York.

Priyanto, B., Prayitno, J., 2004, *Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran Khususnya Logam Berat*, Publikasi di Website (di akses 18 Maret 2004).

Reddy, K.R, dkk., 1982, *Environment Management, Volume 6, Number 3, May 1982, An International Journal for Decision Maker and Scientist, Springer International-Verlag,* New York, p.261-269.

Robinson, R. A., and Stokes, R. H., 1968, *Electrolyte solutions, the measurement and interpretation of conductance, chemical potential, and diffusion in solutions of simple electrolytes,* 2nd ed., rev. London.

Sastrohamidjojo, H., 2001, *Spektroskopi*, Liberty, Yogyakarta, p.39-42.

Siregar, H., 1982, *Aspek Ekologi Perairan dalam Analisa Dampak Lingkungan*, Lembaga Ekologi Universitas Padjadjaran, p.1-3.

Skoog, D.A., 1990, *Principle of Instrumental Analiysis*, edisi ke-3, Saunders College Publishing, New York.

Soerjani, S.W., 1975, *Eceng Gondok Sebagai Penyerap Pencemar*, Senmeo Biotrop, Bogor.

Soemarwoto, 1987, *Analisis Dampak Lingkungan*, UGM-Press, Yogyakarta.

Suhardono, E., Mudjiraharjo, K., 1993, *Analisis Senyawa Fenolik dalam Air Limbah Industri Migas dengan Kromatografi Gas,* Lembaran Publikasi Lemigas.

Suthersan, S.S., 1997,*"Phytoremediation" Remediation Engineering*: Design Coneepts Ed. Suthan S. Suthersan Boca Raton: CRC Press LLC.

Sutton, D. L., and R. D. Blackburn, 1971, *Uptake of Copper by Water Hyacinth,* Journal Hyacinth Control, Vol. 13.

West, B., D., Lautenbach, F., A. and Brumsted, D., *Phenolic Characteristics in Brewing,* J. E. Siebel Sons Company, Inc., Chicago, 111. http://www.probrewer.com/2005/03/24.html.

Widyanto, L. S., 1975, *The Effect of Industrial Pollutans on The Growth of Waterhiacinth. Tropical Pest Biology Program,* Senmeo-Biotrop, Bogor.

Wisnu, A. W., 1995, *Dampak Pencemaran Lingkungan,* Penerbit Andi, Yogyakarta.

Wolverton, B.C. and M. M. Mcknown, 1973, *Waterhyacinth for Removal of Phenols from polluted waters in Aquatic Botany*, Elsevier Scientific publishing Company, Amsterdam.

LAMPIRAN

Lampiran 1

1.1 Pembuatan Larutan Buffer fosfat

100 mL KH_2PO_4 0,1 M + NaOH 0,1 M

Pembuatan 100 mL KH_2PO_4 0,1 M

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

$$M = \frac{g}{BM \times L}$$

$g = M \,.\, BM \,.\, L$

$= 0{,}1 \times 136 \times 0{,}1$

$= 1{,}36$ gram

Di timbang 1,36 g KH_2PO_4 0,1 M kemudian dilarutkan dalam labu takar 100 mL dan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas.

Pembuatan NaOH 0,1 M

$g = 0{,}1 \times 40 \times 0{,}2$

$= 0{,}8$ gram

Di timbang 0,8 g NaOH 0,1 M kemudian dilarutkan dalam labu takar 200 mL dan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas. Untuk pH larutan 7, volume NaOH yang di ambil sebanyak 58,2 mL.

1.2 Penentuan perbandingan mol

Larutan standar fenol 1000 ppm dibuat menjadi konsentrasi 20, 40, 60, 80, 120 dan 160 ppm dalam labu ukur 25 mL.

(a). $V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$

$25 \times 20 = V_2 \times 1000$

$V_2 = 0{,}5$ mL

(b). $V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$

$25 \times 40 = V_2 \times 1000$

$V_2 = 1$ mL

(c). $V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$

$25 \times 60 = V_2 \times 1000$

$V_2 = 1{,}5$ mL

(d). $V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$

$25 \times 80 = V_2 \times 1000$

$V_2 = 2$ mL

(e). $V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$

$25 \times 120 = V_2 \times 1000$

$V_2 = 3$ mL

(f). $V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$

$25 \times 160 = V_2 \times 1000$

$V_2 = 4$ mL

Perhitungan banyaknya mol dalam konsentrasi 20, 40, 60, 80, 120 dan 160 ppm.

(a). $M = \frac{mol}{L}$

$Mol = 20 \times 0{,}5.10^{-3}$

$= 0{,}001$ mol

(b). $M = \frac{mol}{L}$

$Mol = 40 \times 1.10^{-3}$

$= 0{,}004$ mol

(c). $M = \frac{mol}{L}$

$Mol = 60 \times 1{,}5.10^{-3}$

$= 0{,}009$ mol

(d). $M = \frac{mol}{L}$

$Mol = 80 \times 2.10^{-3}$

$= 0{,}016$ mol

(e). $M = \frac{mol}{L}$

$Mol = 120 \times 3.10^{-3}$

$= 0{,}036$ mol

(f). $M = \frac{mol}{L}$

$Mol = 160 \times 4.10^{-3}$

$= 0{,}064$ mol

1.3 Pembuatan larutan standar fenol

Larutan standar fenol 1000 ppm dalam 1000 mL, akan diturunkan menjadi 100 ppm dalam labu ukur 25 mL, maka :

$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$

$25 \times 100 = V_2 \times 1000$

$V_2 = 2{,}5$ mL

Larutan standar fenol 100 ppm dibuat menjadi konsentrasi 1, 2, 3, 4 dan 5 ppm dalam labu ukur 25 ml.

(a). $V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$

$25 \times 1 = V_2 \times 100$

$V_2 = 0{,}25$ mL

(b). $V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$

$25 \times 2 = V_2 \times 100$

$V_2 = 0{,}5$ mL

(c). $V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$

$25 \times 3 = V_2 \times 100$

$V_2 = 0{,}75$ mL

(d). $V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$

$25 \times 4 = V_2 \times 100$

$V_2 = 1$ mL

(e). $V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$

$25 \times 5 = V_2 \times 100$

$V_2 = 1{,}25$ mL

Lampiran 2

2.1 Hasil pengukuran absorbansi sampel

2.1.1 Hasil pengukuran absorbansi sampel dengan variasi waktu kontak dan pola tanam

Tabel 1. Hasil pengukuran absorbansi sampel dengan variasi waktu kontak dan pola tanam

Waktu Kontak	Pola Tanam		
	Isolasi	Pergantian	Harvesting
7 Hari	0,144	0,181	0,184
	0,156	0,167	0,178
	0,223	0,179	0,186
Rata-rata	**0,174**	**0,176**	**0,183**
14 Hari	0,176	0,228	0,247
	0,178	0,223	0,263
	0,203	0,219	0,287
Rata-rata	**0,186**	**0,223**	**0,266**
21 Hari	0,373	0,408	0,615
	0,339	0,410	0,624
	0,369	0,413	0,620
Rata-rata	**0,360**	**0,410 (2x)**	**0,619**

2.1.2 Hasil pengukuran absorbansi sampel dengan variasi waktu kontak

Tabel 2. Hasil pengukuran absorbansi sampel dengan variasi waktu kontak

Waktu kontak	Absorbansi
6 jam	0,505
	0,585
	0,656
Rata-rata	**0,582 (2x)**
12 jam	0,341
	0,331
	0,362
Rata-rata	**0,345 (4x)**
18 jam	0,383
	0,380
	0,379
Rata-rata	**0,381 (4x)**
24 jam	0,395
	0,391
	0,399
	0,395 (4x)

2.1.3 Hasil pengukuran absorbansi sampel pada tanaman pendahuluan

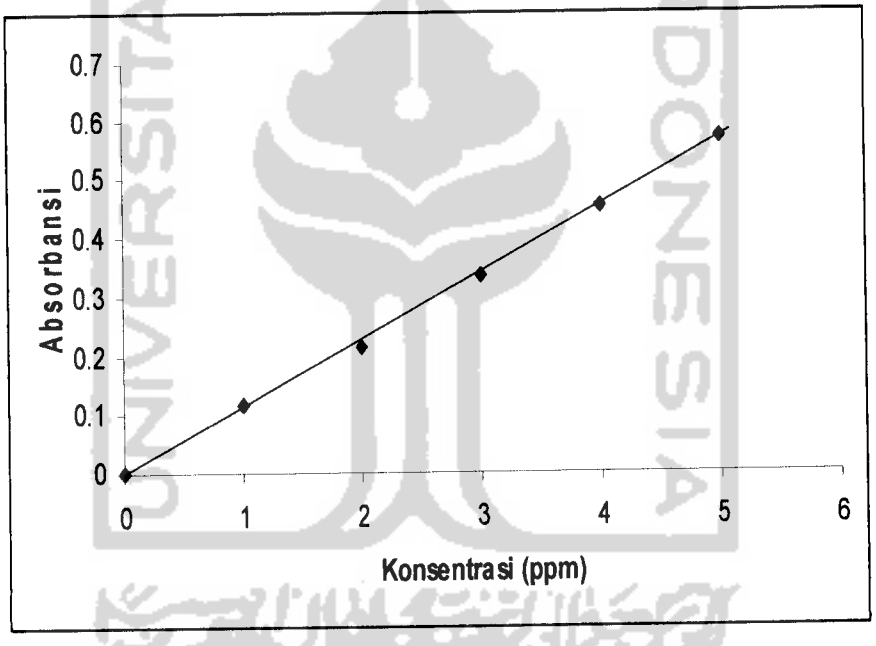
Tabel 3. Hasil pengukuran absorbansi sampel pada tanaman pendahuluan

Waktu Kontak	Pola Tanam	
	Tebuka	**Tertutup**
7 Hari	0,450	0,305
	0,449	0,302
	0,451	0,302
Rata-rata	**0,450 (2x)**	**0,303 (4x)**

2.2 Perhitungan konsentrasi fenol

Tabel 4. Absorbansi larutan standar fenol pada berbagai konsentrasi

Konsentrasi	Absorbansi	Keterangan
0	0,000	r (correl) = 0,9996
1	0,118	a (intercept) = -0,0018
2	0,216	b (slope) = 0,1139
3	0,335	
4	0,455	
5	0,572	



Gambar 19. Kurva standar fenol

Sehingga diperoleh persamaan kurva standar untuk fenol :

$y = bx$

$y = 0,1139\,x$

Dari kurva kalibrasi diperoleh persamaan garis lurus,

$y = bx$

$y = 0{,}1139\ x$

dimana : y = Absorbansi

x = Konsentrasi

dengan nilai, Slope b = 0,1139

Dengan nilai korelasi, r = 0,9996

$r \approx 1$ (memenuhi keabsahan hukum Bouger-Lambert-Beer)

2.2.1 Perhitungan konsentrasi fenol pada variasi waktu kontak dan pola tanam

Waktu kontak 7 hari

Isolasi : $y = 0{,}1139\ x$

$0{,}174 = 0{,}1139\ x$

$x = 1{,}527$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 10 mL sampel $= 1{,}527 \times \frac{16{,}5}{10}$

$= 2{,}521$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 102 mL fasa air = 2,521 ppm x 102 mL

= 257,10 µg

Konsentrasi fenol dalam 10 g akar = 25,710 µg/g

Pergantian : $y = 0{,}1139\,x$

$0{,}176 = 0{,}1139\,x$

$x = 1{,}545$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 10 mL sampel $= 1{,}545 \times \frac{16{,}5}{10}$

$= 2{,}549$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 100 mL fasa air $=$ 2,549 ppm x 100 mL

$= 254{,}96$ µg

Konsentrasi fenol dalam 10 g akar $= 25{,}496$ µg/g

Harvesting : $y = 0{,}1139\,x$

$0{,}183 = 0{,}1139\,x$

$x = 1{,}607$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 10 mL sampel $= 1{,}607 \times \frac{16{,}5}{10}$

$= 2{,}651$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 100 mL fasa air $=$ 2,651 ppm x 100 mL

$= 265{,}10$ µg

Konsentrasi fenol dalam 10 g akar $= 26{,}510$ µg/g

Waktu kontak 14 hari

Isolasi : $y = 0{,}1139\,x$

$0{,}186 = 0{,}1139\,x$

$x = 1{,}633$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 10 mL sampel $= 1{,}633 \times \frac{16{,}5}{10}$

$= 2{,}694$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 103 mL fasa air $= 2{,}694$ ppm x 103 mL

$= 277{,}53$ µg

Konsentrasi fenol dalam 10 g akar $= 27{,}753$ µg/g

Pergantian : $y = 0{,}1139\,x$

$0{,}223 = 0{,}1139\,x$

$x = 1{,}958$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 10 mL sampel $= 1{,}958 \times \frac{16{,}5}{10}$

$= 3{,}230$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 100 mL fasa air $= 3{,}230$ ppm x 100 mL

$= 323{,}05$ µg

Konsentrasi fenol dalam 10 g akar $= 32{,}305$ µg/g

Harvesting : $y = 0{,}1139\ x$

$0{,}266 = 0{,}1139\ x$

$x = 2{,}335$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 10 mL sampel $= 2{,}335 \times \frac{16{,}5}{10}$

$= 3{,}853$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 100 mL fasa air $= 3{,}853$ ppm x 100 mL

$= 385{,}34$ µg

Konsentrasi fenol dalam 10 g akar $= 38{,}534$ µg/g

Waktu kontak 21 hari

Isolasi : $y = 0{,}1139$

$0{,}360 = 0{,}1139\ x$

$x = 3{,}161$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 10 mL sampel $= 3{,}161 \times \frac{16{,}5}{10}$

$= 5{,}215$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 103 mL fasa air $= 5{,}215$ ppm x 103 mL

$= 521{,}51$ µg

Konsentrasi fenol dalam 10 g akar $= 52{,}151$ µg/g

Pergantian : $y = 0{,}1139\,x$

$0{,}820 = 0{,}1139\,x$

$x = 7{,}199$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 10 mL sampel $= 7{,}199 \times \frac{16{,}5}{10}$

$= 11{,}879$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 80 mL fasa air $=$ 11,879 ppm x 80 mL

$= 950{,}31$ µg

Konsentrasi fenol dalam 10 g akar $= 95{,}031$ µg/g

Harvesting : $y = 0{,}1139\,x$

$0{,}619 = 0{,}1139\,x$

$x = 5{,}435$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 10 mL sampel $= 5{,}435 \times \frac{16{,}5}{10}$

$= 8{,}967$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 101 mL fasa air $=$ 8,967 ppm x 101 mL

$= 905{,}67$ µg

Konsentrasi fenol dalam 10 g akar $= 90{,}567$ µg/g

2.2.2 Perhitungan konsentrasi fenol pada variasi waktu kontak

Waktu kontak 6 jam : $y = 0{,}1139\,x$

$1{,}164 = 0{,}1139\,x$

$x = 10{,}219$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 10 mL sampel $= 10{,}219 \times \frac{16{,}5}{10}$

$= 16{,}862$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 90 mL fasa air $= 16{,}862$ ppm $\times$ 90 mL

$= 1517{,}59$ µg

Konsentrasi fenol dalam 10 g akar $= 151{,}759$ µg/g

Waktu kontak 12 jam : $y = 0{,}1139\,x$

$1{,}38 = 0{,}1139\,x$

$x = 12{,}116$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 10 mL sampel $= 12{,}119 \times \frac{16{,}5}{10}$

$= 19{,}991$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 91 mL fasa air $= 19{,}991$ ppm $\times$ 91 mL

$= 1819{,}20$ µg

Konsentrasi fenol dalam 10 g akar $= 181{,}920$ µg/g

Waktu kontak 18 jam : $y = 0{,}1139\ x$

$1{,}524 = 0{,}1139\ x$

$x = 13{,}380$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 10 mL sampel $= 13{,}380 \times \frac{16{,}5}{10}$

$= 22{,}077$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 90 mL fasa air $=$ 22,077 ppm x 90 mL

$= 1986{,}95\ \mu g$

Konsentrasi fenol dalam 10 g akar $= 198{,}695\ \mu g/g$

Waktu kontak 24 jam : $y = 0{,}1139\ x$

$1{,}58 = 0{,}1139\ x$

$x = 13{,}872$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 10 mL sampel $= 13{,}872 \times \frac{16{,}5}{10}$

$= 22{,}888$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 90 mL fasa air $=$ 22,888 ppm x 90 mL

$= 2059{,}96\ \mu g$

Konsentrasi fenol dalam 10 g akar $= 205{,}996\ \mu g/g$

2.2.3 Hasil pengukuran absorbansi sampel pada tanaman pendahuluan

Terbuka : $y = 0{,}1139\,x$

$0{,}90 = 0{,}1139\,x$

$x = 7{,}902$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 10 mL sampel $= 7{,}902 \times \frac{16{,}5}{10}$

$= 13{,}038$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 100 mL fasa air $= 13{,}038$ ppm x 100 mL

$= 1303{,}78$ µg

Konsentrasi fenol dalam 10 g akar $= 130{,}378$ µg/g

Tertutup : $y = 0{,}1139\,x$

$1{,}212 = 0{,}1139\,x$

$x = 10{,}641$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 10 mL sampel $= 10{,}641 \times \frac{16{,}5}{10}$

$= 17{,}558$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 100 mL fasa air $= 17{,}558$ ppm x 100 mL

$= 1755{,}75$ µg

Konsentrasi fenol dalam 10 g akar $= 175{,}575$ µg/g

Lampiran 3. Tanaman kontrol

Tabel 5. Hasil pengukuran absorbansi tanaman kontrol

Waktu kontak	Absorbansi
21 hari	0,158
	0,165
	0,166
Rata-rata	0,163

$Y = 0{,}1139\ x$

$0{,}163 = 0{,}1139\ x$

$x = 1{,}431$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 10 mL sampel $= 1{,}431 \times \frac{16{,}5}{10}$

$= 2{,}361$ ppm

Konsentrasi fenol dalam 90 mL fasa cair $= 2{,}361$ ppm x 90 mL

$= 212{,}52\ \mu g$

Konsentrasi fenol dalam 10 gram sampel $= 21{,}25\ \mu g/g$

Lampiran 4. Hasil uji statistik

Tabel 6. Pengaruh waktu kontak dan pola tanam

Waktu kontak	Isolasi	Pergantian	Harvesting	Jumlah Ti	Mean
7 Hari	25,710	25,496	26,510	77,716	25,905
14 Hari	27,753	32,305	38,534	98,592	32,864
21 Hari	52,151	95,031	90,567	237,749	79,249
Jumlah Tj	105,614	152,832	155,611	414,057	138,018

$$\sum_{i=1}^{3} T^2 i = (77,716)^2 + (98,592)^2 + (237,749)^2 = 72284,746$$

$$\sum_{j=1}^{3} T^2 j = (105,614)^2 + (152,832)^2 + (155,611)^2 = 58726,721$$

$$\sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3} T^2 ij = (25,710)^2 + (25,496)^2 + (26,510)^2 + (27,753)^2 + (32,305)^2 +$$
$$+ (38,534)^2 + (52,151)^2 + (95,031)^2 + (90,567)^2$$
$$= 25265,541$$

$$C = \frac{T^2}{3.3} = \frac{(414,057)^2}{9} = 19049,244$$

$$JKi = \frac{\sum_{i=1}^{3} T^2 i}{3} - C = \frac{72284,746}{3} - 19049,244 = 5045,671$$

$$JKj = \frac{\sum_{j=1}^{3} T^2 j}{3} - C = \frac{58726,721}{3} - 19049,244 = 526,329$$

$$JK = \sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3} T^2ij - C = 25265{,}541 - 19049{,}244 = 6216{,}297$$

$$JKij = JK - JKi - JKj = 6216{,}297 - 5045{,}671 - 526{,}329 = 644{,}297$$

Tabel 7. Analisis variansi

Sumber variansi	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat rata-rata	F- rasio
Waktu kontak	2	5045,671	2522,836	15,663
Pola tanam	2	526,329	263,165	1,634
Sesatan	4	644,297	161,074	

1. Waktu kontak

a. Ho = Tidak ada pengaruh waktu kontak terhadap daya serap fenol

Hi = Ada pengaruh waktu kontak terhadap daya serap fenol

b. $\alpha = 0{,}05$

c. F-tabel = 6,944

Jika F-hitung > F-tabel, maka tolak Ho

Jika F-hitung < F-tabel, maka terima Ho

Keputusan : F-hit 15,663 > 6,944, maka tolak Ho

Kesimpulan : Ada pengaruh waktu kontak terhadap daya serap fenol

2. Pola tanam

a. Ho = Tidak ada pengaruh pola tanam terhadap daya serap fenol

Hi = Ada pengaruh pola tanam terhadap daya serap fenol

b. $\alpha = 0,05$

c. F-tabel = 6,944

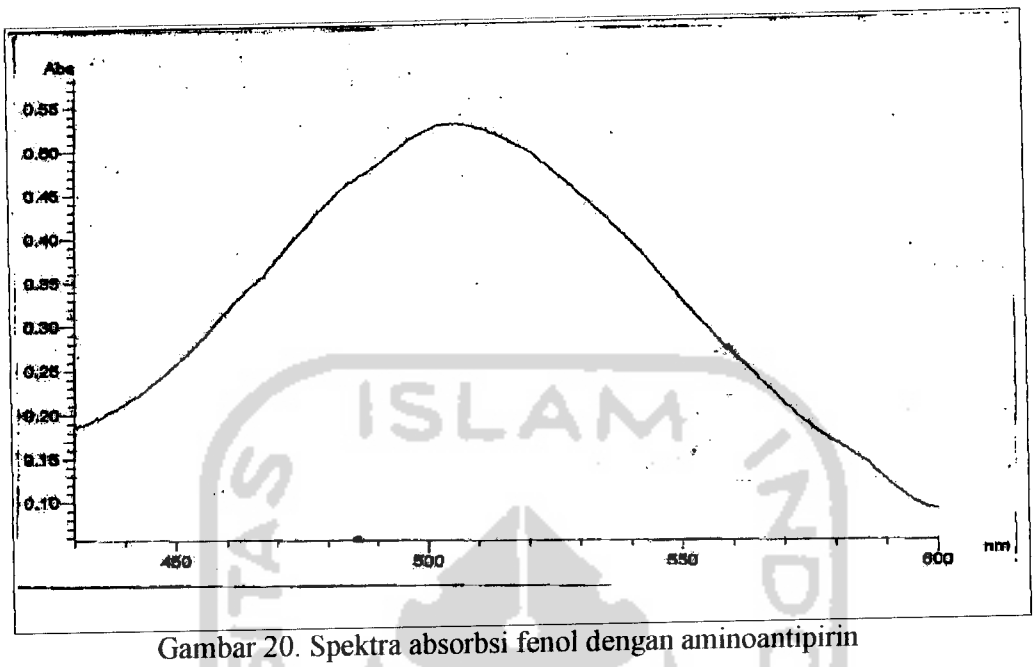
Jika F-hitung > F-tabel, maka tolak Ho

Jika F-hitung < F-tabel, maka terima Ho

Keputusan : F-hit 1,634 > 6,944, maka terima Ho

Kesimpulan : Tidak ada pengaruh waktu kontak terhadap daya serap fenol

Lampiran 5. Hasil pengukuran absorbansi pada berbagai panjang gelombang.



Gambar 20. Spektra absorbsi fenol dengan aminoantipirin

Lampiran 6. Ketelitian analisis

Standar deviasi pengukuran serapan fenol

$SD = X \pm t. Sd / \sqrt{n}$