

**UJI POTENSI TUMBUHAN ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*
Solm.) SEBAGAI FITOREMEDIATOR LOGAM BERAT KROMIUM (Cr)
PADA LIMBAH CAIR DARI PABRIK KULIT DI MAGETAN JAWA
TIMUR**

SKRIPSI

**Oleh:
AHMAD SIDIQ ANSORI
NIM. 15620025**



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

**UJI POTENSI TUMBUHAN ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*
Solm.) SEBAGAI FITOREMEDIATOR LOGAM BERAT KROMIUM (Cr)
PADA LIMBAH CAIR DARI PABRIK KULIT DI MAGETAN JAWA
TIMUR**

SKRIPSI

**Oleh:
AHMAD SIDIQ ANSORI
NIM. 15620025**

**diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

**UJI POTENSI TUMBUHAN ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*
Solm.) SEBAGAI FITOREMEDIATOR LOGAM BERAT KROMIUM (Cr)
PADA LIMBAH CAIR DARI PABRIK KULIT DI MAGETAN JAWA
TIMUR**

SKIRPSI

Oleh:
AHMAD SIDIQ ANSORI
NIM. 15620025

**telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
tanggal 20 Mei 2022:**

Pembimbing I



Didik Wahyudi, M.Si
NIP. 19860102 201801 1 001

Pembimbing II



Oky Bagas Prasetyo, M.Pd.I
NIP. 19890113 20180201 1 244



**Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi**

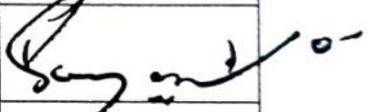
Dr. Evika Sandi Safitri, M. P.
NIP. 19741018 200312 2 002

**UJI POTENSI TUMBUHAN ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*
Solm.) SEBAGAI FITOREMEDIATOR LOGAM BERAT KROMIUM (Cr)
PADA LIMBAH CAIR DARI PABRIK KULIT DI MAGETAN JAWA
TIMUR**

SKIRPSI

**Oleh:
AHMAD SIDIQ ANSORI
NIM. 15620025**

**Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal 20 Mei 2022:**

Penguji Utama	<u>Dr. Evika Sandi Safitri, M. P.</u> NIP.19741018 200312 2 002	
Ketua Penguji	<u>Suyono, M.P</u> NIP. 19710622 200312 1 002	
Sekretaris Penguji	<u>Didik Wahyudi, M.Si</u> NIP. 19860102 201801 1 001	
Anggota Penguji	<u>Oky Bagas Prasetyo, M.Pd.I</u> NIP. 19890113 20180201 1 244	



**Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi**

**Dr. Evika Sandi Safitri, M. P.
NIP.19741018 200312 2 002**

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ahmad Sidiq Ansori
NIM : 15620025
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Uji Potensi Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* Solm.) sebagai Fitoremediator Logam Berat Kromium (Cr) pada Limbah Cair dari Pabrik Kulit di Magetan Jawa Timur

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 20 Mei 2022
Yang membuat pernyataan



Ahmad Sidiq Ansori
NIM. 15620025

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya.

MOTTO

اليقين لا يزول بالشك
(Al Yaqiinu La Yazuulu bisy Syakki)

“Sesuatu yang meyakinkan tidak dapat hilang hanya dengan keraguan“

Bergunalah untuk orang lain, karena

خير الناس انفعهم للناس

"Sebaik-baiknya manusia ialah orang yang bermanfaat bagi orang lain"

“Janganlah menjadi orang yang serakah, ambilah yang baik bagimu dan buanglah yang buruk bagimu. Sesungguhnya segala sesuatu yang berlebihan itu tidaklah baik.”

HALAMAN PERSEMBAHAN

Sembah sujud syukur kepada Allah SWT yang Maha Pengasih dan Penyayang, atas segala bentuk kasih sayangnya, Dia telah menjadikan aku manusia yang beruntung dapat melihat segala kuasa-Nya melalui ilmu yang kutempuh di jenjang ini. Sholawat serta salam tetap tercurahkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW, semoga kelak kita semua mendapat syafaatnya di hari kiamat.

Bapak dan Ibu tercinta, yang telah memberikan kesempatan untuk menjalani langkah keilmuan ini. Sebagai rasa syukur kepada Allah SWT dan rasa hormat ini saya persembahkan tulisan kecil nan sederhana yang masih jauh dari kesempurnaan ini kepada beliau. Semoga karya kecil ini bisa menjadi jembatan kebahagiaan untuk kesuksesan selanjutnya.

Abah dan Umi yang saya hormati, yang selalu memberikan doa terbaik dan nasihat serta dukungan baik moril maupun materiil. Nila Sa'diyah dan Muhammad Faizul Akrom, keluarga kecilku yang sangat saya sayangi. Penyemangat, penuntun, dan penerang jalan serta salah satu alasan utama terselesaikannya tulisan ini. Kepada saudara-saudara saya, kakak, dan adik-adik tersayang.

Untuk teman-teman semua yang telah membantu selama ini BIOLOGI A 2015 dan GENETIST 2015, terkhusus kepada kang Ikhsan, kang Ulum, Hilmi, Fahmi, Masduqi, Candra yang selalu bersama semasa kuliah.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum, Wr. Wb.

Alhamdulillah rabbil'alamin, segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah yang telah dilimpahkan-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan proposal penelitian ini dengan judul "Uji Potensi Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* Solm.) sebagai Fitoremediator Logam Berat Kromium (Cr) pada Limbah Cair dari Pabrik Kulit di Magetan Jawa Timur" dengan baik. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun manusia zaman kebodohan hingga ke zaman kebenaran. Penulisan skripsi tidak sepenuhnya benar, untuk itu penulis mohon maaf.

Penyusunan skripsi ini tentu tidak lepas dari bimbingan, arahan, dan bantuan dari berbagai pihak. Bantuan yang diberikan baik berupa pikiran, motivasi, tenaga, maupun do'a. Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P selaku ketua program studi Biologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Didik Wahyudi, M.Si selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan saran, nasehat, bimbingan dan arahan dengan sabar hingga penulisan skripsi ini terselesaikan.
5. Oky Bagas Prasetyo, M.Pd.I selaku dosen pembimbing skripsi bidang agama yang dengan penuh keikhlasan, dan kesabaran membimbing, mengarahkan dan motivasi dalam penyusunan skripsi ini sehingga dapat terselesaikan.
6. Bapak Ma'sum Ansori dan Ibu Rusnisfuk Sa'baniyati, juga kakak adik tersayang terimakasih telah memberikan peran yang sangat besar baik moril atau materil dan mendidik serta mencurahkan kasih sayangnya dengan ketulusan dan keikhlasan yang tidak akan mampu untuk membalasnya.
7. Abah Rohmanuddin serta Umi' Umi Muwahidah yang selalu senantiasa mendoakan dan mendukung dalam penyusunan skripsi ini, terimakasih telah memberikan peran yang sangat besar baik moril atau materil dan mendidik serta mencurahkan kasih sayangnya dengan ketulusan dan keikhlasan yang tidak akan mampu untuk membalasnya.
8. Nila Sa'diyah partner terspesial, teman, pembimbing serta penuntun yang telah banyak membantu dan telah dengan sabar mengarahkan serta menuntun dalam penyusunan skripsi ini.
9. Muhammad Faizul Akrom, manusia kecil rupawan yang muncul dan datang sebagai penyemangat, pendukung, dan penyelamat serta menjadi salah satu alasan tulisan ini bisa segera selesai.
10. Teman-teman PoBiA (Populasi biologi A), teman-teman seangkatan seperjuangan Genetist '15 dan Simpati '15, serta teman-teman dan sahabat-sahabat yang selalu membantu dalam menyelesaikan proposal penelitian ini.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, atas keikhlasan bantuan, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian ini.

Penulisan skripsi ini disusun dengan sebaik-baiknya, namun pasti masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Untuk kekurangan dari penulisan ini, saya sangat mengharapkan saran dan kritik dari pembaca yang bersifat membangun. Terima kasih.
Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, 20 Juni 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iv
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	v
HALAMAN MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
مستخلص البحث	xvii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Tujuan Penelitian	8
1.4 Hipotesis Penelitian	9
1.5 Manfaat Penelitian	9
1.6 Batasan Masalah	9
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Tanaman Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i> Solm.)	11
2.1.1 Deskripsi Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i> Solm.)	11
2.1.2 Morfologi Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i> Solm.)	13
2.1.3 Klasifikasi Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i> Solm)	15
2.2 Limbah Penyamakan Kulit	16
2.2.1 Karakteristik Limbah	16
2.2.2 Dampak Limbah Penyamakan Kulit	18
2.3 Kualitas Air	19

2.4 Fitoremediasi	20
2.5 Mekanisme Penyeapan Logam Berat.....	24
2.5.1 Sumber Polusi Kromium (Cr).....	25
2.5.2 Bahaya Kromium Bagi Kesehatan	26
2.6 Mekanisme Penyerapan Logam Berat	27
2.7 Fitotoksisitas Tanaman	29
BAB III. METODE PENELITIAN	31
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	31
3.2 Alat dan Bahan	31
3.2.1 Alat	31
3.2.2 Bahan.....	31
3.3 Rancangan Penelitian	31
3.4 Prosedur Penelitian	32
3.4.1 Pengambilan Sampel	32
3.4.2 Analisis Kadar Logam Cr.....	32
3.4.3 Aklimatisasi Tanaman Eceng Gondok	33
3.4.4 Pemaparan Sampel Tanaman dengan Logam Berat Cr	33
3.4.5 Pembuatan Kurva Standar Krom (Cr)	34
3.4.6 Preparasi Sampel Air Limbah	34
3.4.7 Pengamatan Fitotoksisitas	35
3.4.8 Analisis Data	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1. Kemampuan Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i> Solm.) dalam Menurunkan Kadar Logam Krom (Cr) dalam Limbah Cair Penyamakan Kulit.....	36
4.2. Perubahan Morfologi Tanaman Eceng Gondok Akibat Cekaman Logam Berat Krom	39
BAB V PENUTUP	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komponen Eceng Gondok	13
Tabel 2.2 Baku Mutu Limbah Cair	17
Tabel 2.3 Jenis-Jenis Tanaman untuk Aplikasi Fitoremediasi	23
Tabel 4.1 Penurunan konsentrasi logam Krom (Cr)	37
Tabel L.3.1 Hasil pengukuran kurva standar larutan kromium	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komponen Eceng Gondok	13
Gambar 4.1 Pemaparan sampel hari ke-0	39
Gambar 4.2 Pemaparan sampel hari ke-7	40
Gambar 4.3 Pemaparan sampel hari ke-14	41
Gambar 4.4 Pemaparan sampel hari ke-21	43
Gambar 4.5 Pemaparan sampel hari ke-28	43
Gambar L.3.1 Kurva Standar Larutan Kromium	60
Gambar. Pemaparan sampel dengan air limbah	61
Gambar. Destruksi sampel air H7	61
Gambar. Hasil destruksi sampel air H7	61
Gambar. Hasil destruksi sampel air H14	62
Gambar. Destruksi sampel H21	62
Gambar. Hasil destruksi sampel air H21	62
Gambar. Hasil destruksi sampel air H28	63
Gambar. Proses SSA	63

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan	57
L.1. Pembuatan Larutan Logam Cr	57
L.1.1 Pembuatan Larutan Stok	57
L.2. Larutan Standar 2,4,6,8 dan 10 ppm dari Larutan Stok 100 ppm	57
L.2.1 Larutan Standar 2 ppm	57
L.2.2 Larutan Standar 4 ppm	57
L.2.3 Larutan Standar 6 ppm	58
L.2.4 Larutan Standar 8 ppm	58
L.2.5 Larutan Standar 10 ppm	58
L.3. Kurva Standar Kromium (Cr)	59
Dokumentasi	61

Uji Potensi Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* Solm.) sebagai Fitoremediator Logam Berat Kromium (Cr) pada Limbah Cair dari Pabrik Kulit di Magetan Jawa Timur.

Ahmad Sidiq Ansori, Didik Wahyudi, Oky Bagas Prasetyo

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

ABSTRAK

Limbah dari berbagai macam sumber industri salah satunya limbah industri penyamakan kulit menyebabkan pencemaran lingkungan oleh logam kromium (Cr). Metode fitoremediasi dengan tumbuhan eceng gondok merupakan cara yang efektif untuk menghilangkan ion logam berat di dalam air karena dengan biaya rendah dan metodenya sederhana. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi tanaman eceng gondok sebagai fitoremediator pada limbah penyamakan kulit dan mengetahui perubahan morfologi yang terjadi pada eceng gondok karena limbah penyamakan kulit. Identifikasi hasil penelitian dilakukan di Laboratorium Layanan dan Instrumen Kimia Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Malang. Penelitian dilakukan menggunakan jenis deskriptif kuantitatif dengan pendekatan eksperimental. Pengambilan sampel dilakukan secara langsung dan dianalisis menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA). Data yang dianalisis adalah efektifitas penurunan konsentrasi logam berat krom serta absorbansi sampel air limbah pada Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) untuk mengetahui konsentrasinya. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan konsentrasi awal logam berat kromium dari limbah penyamakan kulit adalah sebesar 52,77 ppm. Kadar terendah logam berat kromium setelah perlakuan dengan eceng gondok adalah 1,38 ppm, eceng gondok terbukti dapat menurunkan konsentrasi logam berat krom sebesar 97,36% dari total konsentrasi awal. Sampel tanaman eceng gondok mengalami perubahan morfologi akibat keracunan logam berat krom yang terkandung dalam limbah penyamakan kulit, perubahan morfologi tersebut meliputi daun yang menggulung dan berubah warna menjadi kuning kecoklatan kemudian coklat, tangkai yang berubah warna menjadi coklat dan bahkan busuk, serta akar yang menghitam dan rontok.

Kata Kunci : Limbah Cair Penyamakan Kulit, Fitoremediasi, Eceng Gondok, Logam Kromium (Cr)

Potential Test of Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes* Solm.) as Phytoremediator of Heavy Metal Chromium (Cr) in Liquid Waste from Leather Factory in Magetan, East Java.

Ahmad Sidiq Ansori, Didik Wahyudi, Oky Bagas Prasetyo

Study Program of Biology, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang.

ABSTRACT

Waste from various industrial sources, one of which is leather tanning industry waste causes environmental pollution by chromium (Cr). Phytoremediation method with water hyacinth is an effective way to remove heavy metal ions in the water because of its low cost and simple method. This study aims to determine the potential of water hyacinth as a phytoremediator in leather tanning waste and to determine the mechanism of accumulation of heavy metal Cr by water hyacinth in liquid waste from a leather factory in Magetan, East Java. Identification of research results was carried out at the Laboratory of Chemical Instruments and Services, Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, UIN Malang. The research was conducted using a quantitative descriptive type with an experimental approach, namely by applying control principles to things that affect the course of the experiment. Sampling was carried out directly and analyzed using Atomic Absorption Spectroscopy (AAS). The results obtained from this study indicate that the initial concentration of heavy metal chromium from leather tanning waste is 52.77 ppm. The lowest level of heavy metal chromium after treatment with water hyacinth was 1.38 ppm, water hyacinth was proven to reduce the concentration of heavy metal chromium by 97.36% of the total initial concentration. Water hyacinth plant samples underwent morphological changes due to chromium heavy metal poisoning contained in leather tanning waste, the morphological changes included leaf curling and changing color to brownish yellow, stalks turning brown and even rotting, and roots turning black and falling off.

Keyword : Tanning Liquid Waste, Phytoremediation, Water Hyacinth, Metal Chromium (Cr)

الاختبار المحتمل لصفير الماء (*Eichhornia Crassipes Solm*). باعتباره وسيطاً نباتياً لمعدن الكروم (Cr) في النفايات السائلة من مصنع الجلود في ماجيتان، جاوة الشرقية

أحمد صديق أنصاري، ديديك وحيودي ، أوكي باجاس براسيتيو

قسم علم الحياة. كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج.

مستخلص البحث

تتسبب النفايات من مصادر صناعية مختلفة ، من بينها نفايات صناعة دباغة الجلود ، في تلوث البيئة بالكروم (Cr). تعتبر طريقة المعالجة بالنباتات باستخدام صفير الماء طريقة فعالة لإزالة أيونات المعادن الثقيلة في الماء بسبب تكلفتها المنخفضة وطريقتها البسيطة. تهدف هذه الدراسة إلى تحديد إمكانات صفير الماء كعامل نباتي في نفايات دباغة الجلود وتحديد آلية تراكم معدن الكروم الثقيل بواسطة صفير الماء في النفايات السائلة من مصنع جلود في ماجيتان ، جاوة الشرقية. تم تحديد نتائج البحث في مختبر الأدوات والخدمات الكيميائية ، قسم الكيمياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة ولاية مالانج الإسلامية. تم إجراء البحث باستخدام النوع الوصفي الكمي مع المنهج التجريبي ، أي بتطبيق مبادئ الضبط على الأشياء التي تؤثر على مسار التجربة. تم أخذ العينات مباشرة وتحليلها باستخدام مطيافية الامتصاص الذري (AAS). تشير النتائج التي تم الحصول عليها من هذه الدراسة إلى أن التركيز الأولي لكروم المعدن الثقيل من نفايات دباغة الجلود هو ٥٢.٧٧ جزء في المليون. كان أقل مستوى من معدن الكروم المعدني الثقيل بعد المعالجة بصفير الماء ١.٣٨ جزء في المليون ، وقد ثبت أن صفير الماء يقلل من تركيز معدن الكروم الثقيل بنسبة ٩٧.٣٦٪ من التركيز الأولي الكلي. خضعت عينات نبات صفير الماء لتغيرات شكلية بسبب التسمم بالمعادن الثقيلة بالكروم الموجودة في نفايات دباغة الجلود ، وشملت التغيرات الشكلية تجعيد الأوراق وتغيير اللون إلى الأصفر البني ، وتحول السيقان إلى اللون البني وحتى التعفن ، وتحول الجذور إلى اللون الأسود وتسقط.

الكلمات الرئيسية: دباغة النفايات السائلة ، المعالجة النباتية ، صفير الماء ، معدن الكروم (Cr)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air adalah kebutuhan utama dan salah satu unsur paling penting bagi makhluk hidup dalam proses kehidupan di bumi. Jika keberadaan air di bumi hilang, segala proses kehidupan tidak akan dapat berlangsung. Saat ini, air bersih sangat dibutuhkan oleh manusia, baik untuk keperluan hidup sehari-hari, kebutuhan industri, pertanian maupun sanitasi kota (Wardhana, 2004).

Tidak dapat dipungkiri lagi bahwa pertumbuhan industri kian hari kian pesat. Hal ini disebabkan bidang perindustrian memiliki andil dalam memproduksi barang kebutuhan sehari-hari dan kebutuhan manusia yang kian hari kian beragam mulai dari industri automotif, industri mode, industri rumahan dan berbagai industri lainnya. Namun demikian kemajuan bidang industri memiliki efek negatif diantaranya terjadinya pencemaran air, udara, dan tanah.

Kegiatan industri menjadi salah satu sumber utama masuknya berbagai polutan ke dalam lingkungan perairan. Masuknya berbagai polutan ini berasal dari buangan berbagai jenis limbah antara lain yaitu limbah dari kegiatan pertambangan, limbah rumahan atau rumah tangga, aliran pertanian dan limbah buangan industri penyamakan (pabrik kulit) (Anantharaj *et al.*, 2012). Salah satu limbah industri yang mencemari perairan adalah logam berat (Amin dkk., 2011).

Limbah cair dari pabrik penyamakan kulit merupakan salah satu problematika utama pada perindustrian penyamakan kulit karena menghasilkan buangan berupa bahan organik dan logam berat kromium. Hal ini jelas bertentangan dengan ajaran dalam kitab Al-Qur'an yang menganjurkan untuk

menjaga lingkungan. Kegiatan yang dilakukan masyarakat yang tidak memperdulikan kebersihan dan kelestarian lingkungan serta daya dukungnya akan berpotensi terjadinya pencemaran pada lingkungan perairan. Seperti yang telah difirmankan Allah SWT dalam QS. Ar Rum/ 30:41 yang berbunyi :

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya : *“Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).”*

Ayat diatas menjelaskan tentang adanya kerusakan lingkungan yang terjadi di bumi, baik dilaut maupun di darat. Kerusakan di bumi ini tidak lain disebabkan oleh campur tangan manusia yang terkadang mereka tidak sadar akan perbuatannya yang dapat merusak lingkungan dan keseimbangan ekosistem. Menurut Buya Hamka dalam Tafsir Al-Azhar (1992) Allah mengirimkan manusia ke bumi adalah sebagai khalifah Allah yang memiliki arti pelaksana dari kehendak Allah, dan oleh sebab itu maka sepatutnya sebagai khalifah hendaklah menjadi seorang muslih yang berarti suka memperbaiki dan memperindah alih-alih merusak. Namun kenyataannya manusia sendirilah yang terkadang merusak lingkungannya sendiri, kerusakan alam yang ditimbulkan oleh ulah tangan manusia ini terjadi di darat maupun dilaut. Dalam tafsir Kementerian Agama RI (2011) diterangkan bahwa telah terjadi kerusakan atau Al-Fasad di darat dan di laut. Al-Fasad ini kemudian diartikan sebagai “Kerusakan” yang mencakup segala kerancuan sistem atau aturan Allah SWT. “Kerusakan” yang ditimbulkan dapat berupa pencemaran lingkungan yang menyebabkan suatu lingkungan menjadi tidak layak untuk dihuni.

Keberadaan industri kulit sudah lama berkembang, terutama di daerah

Magetan Jawa Timur. Dari data yang tercatat menunjukkan bahwa industri kulit ini sudah ada sejak tahun 1981 dan masih berbentuk UPT-LIK atas kerjasama antara Pemerintah Pusat atau Departemen Perindustrian Pemerintah Propinsi Jawa Timur/Kanwil Perindustrian dan Pemerintah Daerah Magetan. Kemudian, berdasarkan Perda Propinsi Jawa Timur No. 30 Tahun 2000 nama UPT berubah menjadi Balai Pelayanan Teknis Industri Kulit dan Lingkungan Industri Kulit (BPTIK-LIK) (Setiyono & Yudo, 2014).

Dewasa ini industri kulit ini sudah mempunyai daya saing yang tinggi. Produk dari industri ini telah banyak menarik minat wisatawan karena memiliki kualitas yang cukup baik namun dengan harganya masih cukup terjangkau. Kegiatan produksi industri kulit di Magetan ini mayoritas adalah kegiatan penyamakan kulit, yang mana dalam prosesnya membutuhkan banyak air dan bahan kimia. Oleh sebab itu, industri penyamakan kulit ini membutuhkan air bersih dalam jumlah banyak dan menghasilkan buangan limbah cair yang besar yang tentunya mengandung polutan kimia dan bahan organik yang kemudian menimbulkan pencemaran lingkungan perairan (Setiyono & Yudo, 2014).

Limbah pabrik menjadi salah satu polutan yang paling merusak ekosistem perairan, karena mengandung banyak senyawa kimia hasil buangan dari pengolahan limbah (Anantharaj *et al.*, 2012). Pabrik kulit termasuk pabrik yang memiliki buangan limbah yang tergolong sangat merusak lingkungan. Menurut Qipra (2007), pabrik kulit pada umumnya memiliki 9 (sembilan) kategori pencemar yaitu organik terurai, organik sulit terurai, anorganik terlarut, sedimen, patogen, senyawa terapung, asam-basa, koloid, dan logam berat. Semua kategori tersebut merupakan polutan yang sulit untuk dihilangkan dari lingkungan yang

tercemar. Karena sifatnya yang sulit untuk dihilangkan, polutan-polutan ini menjadi salah satu penyebab rusaknya lingkungan yang paling tinggi.

Pencemaran air terjadi karena masuknya limbah (baik padatan maupun cairan) ke lingkungan perairan sehingga menyebabkan perubahan pada kondisi normal air (Wardhana, 2004). Berdasarkan Keputusan Menteri Kependudukan Dan Lingkungan Hidup No.2/MENKLH/1998 yang disebut dengan pencemaran ialah masuk atau dimasukannya zat energi, makhluk hidup, atau zat pengotor lain ke dalam air atau udara serta berubahnya komposisi (tatanan) air atau udara tersebut oleh campur tangan manusia atau proses alam, sesuai dengan peruntukannya.

Polusi lingkungan saat ini menjadi perhatian global karena menjadi salah satu penyebab timbulnya penyakit dan kerusakan lingkungan (Gratão *et al.*, 2005). Salah satu masalah serius dari polusi lingkungan adalah pencemaran air baik oleh logam berat ataupun polutan lainnya (Briggs, 2003). Polutan logam berat memberi banyak dampak negatif terhadap lingkungan sekitar karena sifatnya yang sulit untuk diuraikan dan memiliki jumlah atom yang tidak stabil sehingga mudah berikatan dengan unsur lain yang dapat menimbulkan banyak reaksi kimia yang mengancam kesehatan (Palar, 2004). Sifat beracun pada logam berat dapat mengakibatkan rusaknya jaringan detoksifikasi dan sistem ekskresi. Beberapa logam berat bersifat karsinogenik yaitu menyebabkan kanker dan juga teratogenik atau penyebab perubahan fungsi atau bentuk organ dalam perkembangan dan pertumbuhan janin (Darmono, 1995).

Menurut Lasat (2002) polutan logam berat menjadi perhatian utama dikarenakan sifatnya yang sulit untuk didegradasi. Lingkungan yang terkena

dampak dari logam berat ini akan lebih sulit untuk dikembalikan dan diperbaiki dari pada polutan lain, sehingga dibutuhkan beberapa metode untuk memperbaiki kondisi lingkungan tersebut, antara lain yaitu dengan menggunakan metode fitoremediasi.

Metode fitoremediasi adalah pemanfaatan tanaman untuk menghilangkan, menghancurkan, memindahkan, atau menstabilkan polutan atau zat pencemar berupa senyawa organik atau anorganik. Pemanfaatan metode ini mempunyai keunggulan antara lain efisien, ramah lingkungan dan lebih murah (Hardyanti, 2007). Tumbuhan yang dapat dimanfaatkan sebagai fitoremeditor adalah tumbuhan yang dapat tumbuh dengan waktu cepat, dalam waktu singkat dapat menyerap air dalam jumlah banyak, mampu meremediasi banyak polutan, dan memiliki tingkat toleransi yang tinggi terhadap polutan atau zat pencemar (Fatmawati, 2013). Jenis tanaman yang biasanya dimanfaatkan dalam proses fitoremediasi polutan atau zat pencemar terutama untuk logam berat adalah tanaman hyperakumulator.

Tanaman hyperakumulator adalah tanaman yang mampu menyerap logam berat kurang lebih 1% dari berat keringnya (Fahrudin, 2010). Pada dasarnya semua tumbuhan memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat, namun dalam jumlah yang bervariasi. Beberapa tumbuhan dari banyak famili terbukti mempunyai sifat hipertoleran, sehingga memiliki sifat hyperakumulator. Tumbuhan hyperakumulator berarti dapat mengakumulasi unsur logam tertentu dengan konsentrasi tinggi pada tajuknya (Chaney *et al.*, 1995). Ciri-ciri tumbuhan hyperakumulator adalah memiliki ketahanan terhadap unsur logam dalam konsentrasi tinggi, tingkat laju penyerapan unsur hara lebih tinggi daripada

tumbuhan lain, serta dapat mentranslokasi dan mengakumulasi unsur logam dari akar ke tajuk dengan laju yang tinggi (Agunbiade *et al.*, 2009). Tanaman hyperakumulator ini juga sering ditemukan pada tanaman air.

Terdapat beberapa jenis tanaman air yang memiliki kemampuan untuk mereduksi logam berat di dalam air seperti *Typha latifolia* dan *Hydrocotyle umbellata* L. Namun tumbuhan ini mempunyai keterbatasan dalam mengakumulasi logam berat (Neneng, 2015). Tumbuhan air lainnya yang mampu menyerap polutan logam berat adalah Pisang Mas, *Anturium* Merah/Kuning, *Dracenia* Merah/Hijau, *Heleconia* Kuning/ Merah, Bambu Air, Akar Wangi, *Salvonella mullestam*, Lotus Kuning/Merah, Cana Presiden Merah/Kuning/Putih, Dahlia, Keladi Loreng/Hitam, Jaka, *Alamanda* Kuning/Ungu, Papyrus, Spider Lili, Padi-padian dan lainnya yang biasanya banyak ditemukan di daerah persawahan atau daerah yang tergenang air (Ulfah J, 2010). Selain itu tanaman air hyperakumulator yang dapat dimanfaatkan untuk fitoremediasi adalah dari keluarga *Ponteridaceae* atau dikenal dengan eceng-ecengan.

Menurut hasil penelitian Yola dkk. (2014) tanaman dari keluarga eceng-ecengan (*Ponteridaceae*) dapat digunakan sebagai agen fitoremediator logam berat terutama logam berat krom (Cr), adapun yang termasuk dalam keluarga eceng-ecengan adalah *Eichhornia crassipes* Solm., *Monochoria vaginalis*, dan *Heteranthera peduncularis*. Hasil menunjukkan bahwa tumbuhan yang paling berpotensi menjadi agen fitoremediator logam berat krom (Cr) adalah *Eichhornia crassipes* Solm. Yang memiliki kapasitas penyerapan sebesar 1,5395 µg/g.

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes* Solm.) termasuk dalam salah satu jenis tumbuhan air yang mempunyai tingkat kemampuan menyerap polutan atau zat

pencemar lebih tinggi dari pada tumbuhan lainnya (Syafi'i, 2007). Menurut Kris dan Warningsih (2011), Eceng gondok (*Eichhornia crassipes* Solm.) adalah salah satu jenis tumbuhan air yang dapat dengan mudah tumbuh pada kondisi perairan tercemar dengan perkembangan dan pertumbuhan yang sangat cepat sehingga dapat dimanfaatkan manusia dalam mengatasi pencemaran yang disebabkan oleh limbah industri maupun limbah rumah tangga. Penelitian yang dilakukan Dewi (2012) menjelaskan bahwa tanaman eceng gondok mampu menyerap senyawa organik, unsur hara, dan senyawa kimia lain dari air limbah dalam jumlah besar.

Logam berat kromium (Cr) adalah logam berat berbahaya yang menjadi salah satu bahan baku utama dalam proses penyamakan kulit di industri pabrik kulit, hal ini disebabkan karena kulit yang disamak dengan kromium (Cr) cenderung menghasilkan kualitas kulit samak dengan sifat fisik yang lebih unggul daripada bahan penyamak lain. Kulit yang tersamak tidak seutuhnya dapat menyerap Kromium (Cr) sehingga masih terdapat sisa-sisa kromium (Cr) yang terbuang dan dapat mencemari air dan tanah (Bertani *et al.*, 2016). Sedangkan kadar logam kromium (Cr) yang diperbolehkan menurut Peraturan Menteri LHRI No 5 Tahun 2014 hanya sebesar 0,60 ppm. Logam kromium yang telah menjadi limbah mempunyai efek merusak hati, paru-paru, ginjal dan sistem saraf pada mamalia jika melebihi ambang batas. Batas kandungan krom yang diizinkan dalam air minum adalah sebesar 0,05 mg/L dan untuk debit air permukaan darat 0,1 mg/L (Tabrez *et al.*, 2013).

Mengingat toksisitas yang tinggi, maka sangat penting mengurangi bahkan menghilangkan logam berat (Cr) dari air limbah. Pengolahan air limbah menjadi air layak pakai yang terbebas dari logam berat menggunakan metode kimia yaitu

presipitasi, koagulasi, reduksi kimia, pertukaran ion dan adsorpsi (Ali *et al.*, 2012; Ali, 2010; Ali dan Gupta, 2006) sedangkan metode biologi yang dapat digunakan yaitu metode fitoremediasi (Raskin dan Ensley, 2000; Terry dan Banuelos, 2000). Kelebihan metode fitoremediasi dibanding dengan metode yang lainnya yaitu biaya relative murah, pengolahannya lebih mudah, sederhana dan ramah lingkungan (Doumet *et al.*, 2008).

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka penelitian mengenai Uji Potensi Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* Solm.) sebagai Fitoremediator Logam Berat Kromium (Cr) pada Limbah Cair dari Pabrik Kulit di Magetan Jawa Timur dirasa sangat penting untuk dilakukan. Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mendapatkan informasi mengenai konsentrasi logam berat kromium (Cr) yang terkandung dalam limbah cair penyamakan kulit, kemampuan tumbuhan eceng gondok dalam menyerap logam kromium (Cr), serta perubahan morfologis yang dialami tumbuhan akibat logam berat kromium (Cr) yang terkandung dalam limbah cair penyamakan kulit.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana kemampuan eceng gondok dalam menurunkan kadar krom yang terkandung dalam limbah cair penyamakan kulit?
2. Apakah terdapat perubahan morfologi pada eceng gondok yang terpapar limbah cair penyamakan kulit?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui kemampuan tanaman eceng gondok dalam menurunkan kadar logam berat krom yang terkandung dalam limbah cair penyamakan kulit.
2. Untuk mengetahui pengaruh limbah cair penyamakan kulit terhadap perubahan morfologis tanaman eceng gondok.

1.4. Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah:

1. Eceng gondok memiliki potensi sebagai fitoremediator dengan menurunkan kadar logam krom yang terkandung dalam limbah cair penyamakan kulit.
2. Logam berat kromium mempengaruhi perubahan morfologi tanaman eceng gondok.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Mengetahui potensi tanaman eceng gondok sebagai fitromediator pada limbah penyamakan kulit.
2. Mengetahui mekanisme akumulasi logam berat krom (Cr) oleh eceng gondok.
3. Mengetahui dampak pencemaran air yang ditimbulkan oleh limbah penyamakan kulit.
4. Sebagai bahan studi lanjut untuk objek penelitian fitoremediasi menggunakan eceng gondok yang memiliki keunggulan mampu mengurangi limbah dalam jumlah yang besar, mudah diimplementasikan serta biaya yang diperlukan lebih murah.

1.6. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Sampel yang digunakan berasal dari instalasi pembuangan air limbah salah satu pabrik kulit di Magetan.
2. Unsur logam berat yang digunakan sebagai sampel yang sudah tercemar logam krom.
3. Variasi waktu dalam perlakuan adalah 7, 14, 21 dan 28 hari.
4. Analisis kandungan krom (Cr) dalam sampel air menggunakan SSA.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* Solm.)

2.1.1. Deskripsi Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* Solm.)

Eceng gondok merupakan tumbuhan yang hidup dalam perairan terbuka. Mengapung bila air dalam dan berakar didasar bila air dangkal. Perkembangbiakan eceng gondok terjadi secara vegetatif maupun secara generatif. Perkembangan secara vegetatif terjadi bila tunas baru tumbuh dari ketiak daun, lalu membesar dan akhirnya menjadi tumbuhan baru. Setiap 10 tanaman eceng gondok mampu berkembangbiak menjadi 600.000 tanaman baru dalam waktu 8 bulan. Hal ini membuat eceng gondok dimanfaatkan untuk pengolahan air limbah. Eceng gondok dapat mencapai ketinggian antara 40 - 80 cm dengan daun yang licin dan panjangnya 7 - 25 cm (Mukti, 2008).

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes* Solm.) adalah salah satu tanaman yang memiliki kemampuan sebagai biofilter. Mikrobia rhizosfera yang terdapat pada akar dan didukung oleh daya serap serta akumulasi bahan pencemar yang besar, maka dapat dimanfaatkan sebagai alternatif untuk mengendalikan pencemaran di perairan (Marianto, 2001). Limbah cair yang terdapat dalam lingkungan perairan dapat ditangani dengan beberapa metode antara lain secara fisika, kimia dan biologi. Metode fisika dan kimia di dasarkan pada *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Dissolved Oxygen* (DO), *Chemical Oxygen Demand* (COD), pH dan sebagainya. Sedangkan pada metode biologi dilakukan dengan menggunakan tumbuhan air seperti kangkung, genjer, kiambang, kayu apu, serta Eceng gondok (*Eichhornia crassipes* Solm.).

Eceng gondok dapat mengabsorpsi berbagai zat yang terkandung dalam air termasuk logam berat, baik yang terlarut maupun yang tersuspensi. Faktor yang mempengaruhi kecepatan penyerapan eceng gondok antara lain kadar zat dan komposisi yang terdapat dalam air limbah, kerapatan eceng gondok serta waktu tanam Eceng gondok dalam air limbah tersebut (Rukmi, et, al. 2013). Salah satu logam berat yang dapat diakumulasi oleh eceng gondok adalah logam berat krom. Penyerapan dan akumulasi logam berat krom mengalami tiga proses yang saling berkesinambungan yaitu penyerapan krom oleh akar, pemindahan logam krom dari akar ke bagian tumbuhan lain dan lokalisasi krom pada bagian sel tertentu (Yusuf, 2008). Proses metabolisme tanaman dapat terganggu karena kadar konsentrasi krom yang berlebih yang mengakibatkan terjadinya klorosis dan nekrosis (Panda & Choudhury, 2005).

Tanaman eceng-ecengan adalah tanaman yang dapat beradaptasi dengan mudah dalam suatu lingkungan setelah 24 jam. Tanaman yang mudah beradaptasi mempunyai ciri-ciri batangnya tegak dan mampu menumbuhkan tunas baru. Tanaman yang bisa digunakan sebagai fitoremediator pada penelitian fitoremediasi adalah tanaman yang mempunyai ciri cepat tumbuh, mampu mengkonsumsi air dalam jumlah yang banyak pada waktu yang singkat, tahan terhadap polutan, dan mampu meremediasi lebih dari satu polutan. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan hasil kemampuan dalam menurunkan kadar logam kromium (Cr) oleh eceng gondok tergolong cukup baik (Yola, dkk., 2014). Eceng gondok memiliki daya adaptasi yang besar terhadap berbagai macam hal yang ada disekelilingnya dan dapat berkembang biak dengan cepat (Mukti, 2008). komponen yang terkandung dalam tanaman eceng gondok sebagai berikut:

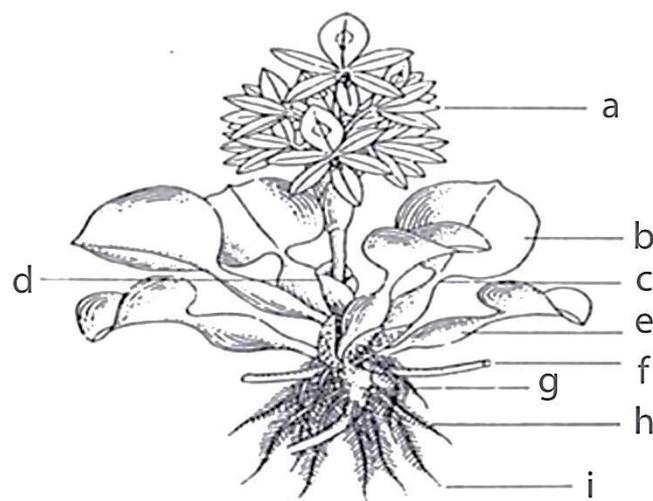
Tabel 2.1 Komponen Eceng Gondok

Parameter	g/100g Basis Kering
<i>Crude Protein</i>	10.01
<i>Crude Fiber</i>	22.75
<i>Ether Extract (Crude fat)</i>	11.89
Abu	14.98
Nitrogen	40.44

(Akinwande V.O, 2013)

2.1.2. Morfologi Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* Solm.)

Eceng gondok termasuk dalam *family Pontederiaceac* yang bisa hidup pada daerah tropis maupun sub tropis. Tanaman eceng gondok digolongkan sebagai gulma perairan yang artinya dapat menyesuaikan diri terhadap perubahan lingkungan dan cepat berkembang biak (Gerbano dan Siregar, 2005). Morfologi dari tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes* Solm.) ditunjukkan oleh gambar 2.1 yaitu (Rahmaningsih, 2006):

**Gambar 2.1 Morfologi tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes* Solm.).**

Keterangan: (a) Bunga, (b) Helai daun, (c) Leher daun, (d) Ligula, (e) Pengapung, (f) Stolon, (g) Akar, (h) Akar rambut, (i) Ujung akar.

Tumbuhan eceng gondok terdiri atas helai daun, pengapung, leher daun,

ligula, akar, akar rambut, ujung akar, dan stolon yang dijadikan sebagai tempat perkembangbiakan vegetatif. Bagian-bagian tanaman eceng gondok yang berperan penting dalam proses fitoremediasi adalah sebagai berikut:

a. Akar

Eceng gondok memiliki akar serabut. Akar eceng gondok mempunyai fungsi untuk mengabsorpsi zat-zat yang terkandung dalam air. Susunan akar tanaman eceng gondok dapat mengumpulkan partikel yang terlarut di dalam air dan dapat mengumpulkan lumpur dengan melekatkan diantara bulu-bulu akarnya (Widyaningsih, 2007). Akar eceng gondok tidak bercabang serta memiliki tudung akar yang ditumbuhi bulu akar atau sering disebut serabut akar yang mempunyai fungsi sebagai jangkar bagi tanaman. Eceng gondok memiliki kesempatan mengabsorpsi ion logam lebih banyak karena memiliki akar serabut dan memenuhi kolam air sehingga masuk ke dalam lumpur perairan (sistem perakaran dalam). Akar eceng gondok memiliki kemampuan menyerap, mengakumulasi logam, dan mengendapkan logam dari limbah yang biasa disebut sebagai *rhizofiltrasi* (Marianto, 2001).

b. Tangkai

Tangkai tanaman eceng gondok mempunyai ciri khas yaitu pada bagian dalamnya penuh dengan bilik udara (Marianto, 2001). Tangkai tanaman eceng gondok berbentuk bulat menggelembung dan terdapat bagian-bagian kosong berisi udara yang mempunyai fungsi untuk mengapung di atas permukaan air. Lapisan terluar pada batang eceng gondok disebut *epidermis*. Lapisan *epidermis* memiliki fungsi mengadsorpsi zat-zat dan gas-gas makanan secara langsung dari

air. Bagian dalam tangkai tanaman eceng gondok terdapat *xylem* dan *floem* yang merupakan jaringan pengangkut (Widyaningsih, 2007).

c. Daun

Eceng gondok memiliki bentuk daun bulat telur, ujung daunnya tumpul dan hampir bulat serta termasuk dalam makrofit yang terletak diatas permukaan air dan juga mempunyai rongga udara didalamnya. Fungsi rongga udara ini adalah untuk membuat tanaman agar bisa mengapung dalam air, dan menyimpan oksigen dalam proses fotosintesis (Widyaningsih, 2007). Daun eceng gondok tunggal, berbentuk oval dengan pangkal runcing (*acumintus*), berwarna hijau, bertangkai dan permukaannya mengkilat yang tersusun di atas roset akar. Tepi daun eceng gondok rata (tidak bergerigi) mempunyai panjang sekitar 7 cm – 25 cm (Fauzi Deswandri dan Fadhillah, 2018). Oksigen hasil dari fotosintesis ini digunakan untuk respirasi tumbuhan di malam hari dengan menghasilkan CO₂ yang akan terlepas kedalam air (Pandey, 1980).

Syarat tanaman eceng gondok dapat tumbuh optimum adalah memiliki air yang dangkal, ruang tumbuh yang luas, air tenang, tercukupi unsur hara dan nilai pH netral (antara 7,0-7,5). Eceng gondok (*Eichhornia crassipes Solm.*) memiliki keunggulan dalam fotosintesis, penyerapan sinar matahari, dan penyediaan oksigen serta zat-zat yang terlarut di bawah permukaan air. Eceng gondok juga memiliki keunggulan lainnya yaitu mampu menyerap senyawa nitrogen dan juga fosfor yang terkandung dalam air yang tercemar (Widyaningsih, 2007).

2.1.3. Klasifikasi Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes Solm.*)

Tanaman air eceng gondok menurut Tjitrosoepomo (2007) memiliki klasifikasi sebagai berikut:

Kerajaan : Plantae
Super divisi : Spermatophyta
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Liliopsida
Ordo : Liliales
Famili : Pontederiaceae
Genus : Eichornia
Spesies : *Eichornia crassipes* Solm.

Laju pertumbuhan tanaman eceng gondok sangat cepat berkisar antara 400-700 ton biomassa per-ha setiap hari. Eceng gondok memiliki gaya regenerasi yang terukur cepat, yang disebabkan oleh potongan vegetatifnya berkembang terus dan membentuk eceng gondok dewasa. Oleh sebab itu tanaman eceng gondok disebut juga tumbuhan gulma atau pengganggu (Rakhmania dkk., 2017). Tanaman eceng gondok banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku biogas dan bioetanol, biosorben logam berat, kompos, bahan baku kertas dan juga sebagai agen fitoremediasi (Rezania dkk., 2015)

2.2. Limbah Penyamakan Kulit

2.2.1. Karakteristik Limbah

Logam kromium (Cr) adalah salah satu senyawa yang paling umum ditemukan di kerak bumi dan air. WHO menjelaskan ambang normal logam krom yang terdapat dalam air minimum adalah 0,05 mg/L (Cefalu & Hu, 2004). Logam kromium (Cr) dalam lingkungan ditemukan dalam bentuk logam, bivalen, trivalent dan heksavalen. Massa Jenis logam kromium (Cr) adalah 7,19 g/cm³, titik didih sebesar 2658°C, dengan titik leleh sebesar 1875°C, memiliki ciri fisik

keras, mengkilap dan tahan dari karat sehingga kebanyakan digunakan untuk pelindung logam lain. Logam berat kromium (Cr) dapat larut jika bereaksi dengan asam klorida encer atau pekat. Kromium *bivalen* atau Cr (II) adalah senyawa pereduksi yang kuat. Adanya oksigen dari atmosfer menjadikan kromium sebagian atau seluruhnya teroksidasi ke dalam trivalent. Bentuk kromium *heksavalen* CrO_4^{2-} dan $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, sedangkan *trivalent*: Cr^{3+} , $[\text{Cr}(\text{OH})]^{2+}$, $[\text{Cr}(\text{OH})_2]^+$ dan $[\text{Cr}(\text{OH})_4]^-$ (Bramandita, 2009). Baku mutu pada air limbah pada industri penyamakan kulit harus terpenuhi sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 sebagai berikut:

Tabel 2.2 Baku Mutu Limbah Cair bagi Usaha atau Kegiatan Industri Penyamakan Kulit

Parameter	Proses Penyamakan Menggunakan Krom		Proses Penyamakan Menggunakan Daun-Daunan	
	Kadar Paling Tinggi (Mg/L)	Bahan Pencemaran Paling Tinggi (Kg/ton)	Kadar Paling Tinggi (Mg/L)	Bahan Pencemaran Paling Tinggi (Kg/ton)
BOD5	50	2,0	70	2,8
COD	110	4,4	180	7,2
TSS	60	2,4	50	2,0
Krom Total (Cr)	0,60	0,024	0,10	0,004
Minyak dan Lemak	5,0	0,20	5,0	0,20
Nitrogen Total (sebagai N)	10	0,40	15	0,60
Amonia Total	0,5	0,02	0,50	0,02
Sulfida	0,8	0,032	0,50	0,02
pH		6-9		6-9
Debit Limbah Paling Tinggi (m ³ /ton bahan baku)		40		40

(Sumber: Peraturan Menteri LHRI No 5 Tahun 2014)

Secara umum limbah cair hasil penyamakan kulit mempunyai ciri-ciri

sebagai berikut:

1. Debit efluen (limbah buangan) yang tidak teratur.
2. Warna biru kehijauan dan bahan pengawet Krom. Krom berada dalam valensi III (trivalen), akan tetapi kemungkinan untuk berubah menjadi Krom bervalensi VI (heksavalen) yang sangat toksis karena bersifat karsinogenik, tetap ada, jika bertemu dengan oksidator yang sesuai.
3. Kadang-kadang berbusa.
4. Kandungan sulfida yang tinggi. Kandungan sulfida yang tinggi tersebut dapat berakibat terbentuknya gas H_2S yang jika dalam konsentrasi yang tinggi dan bereaksi dengan air membentuk asam sulfat, dapat merusak konstruksi bangunan beton karena bersifat korosif.
5. Kandungan padatan tersuspensi (suspended solids) yang tinggi.
6. Kandungan bahan organik yang tinggi.
7. pH sangat bervariasi (3 - 12).
8. Mudah busuk atau septik (BBKKP, 2009).

2.2.2. Dampak Limbah Penyamakan Kulit

Konsentrasi tinggi pada logam berat kromium (Cr) dapat bersifat toksik dalam perairan dan mempunyai kelarutan yang tinggi, korosif dan juga karsinogenik karena dapat menyebabkan kanker paru-paru dan diperkirakan dapat membentuk kompleks makro molekul dalam sel. Struktur kimia CrO_4^{2-} atau kromium heksavalen hampir sama dengan SO_4^{2-} mempunyai fungsi sebagai ion nutrisi dalam sistem biologi dan menyebabkan CrO_4^{2-} cepat mengalami reduksi dan menembus membran sel. Ion CrO_4^{2-} dapat menembus inti sel dan menyerang protein (DNA) yang mengakibatkan rantai DNA lepas, mutasi gen pada

organisme dan kesalahan replika DNA. Logam kromium valensi III (Cr III) tidak terlalu beracun dibanding dengan Cr (IV), tidak korosif tetapi juga memiliki sifat mutagenik bahkan karsinogenik (Palar, 2008).

2.3. Kualitas Air

Air merupakan sumber daya alam yang diperlukan hidup banyak manusia bahkan oleh seluruh makhluk hidup, maka pemanfaatan air untuk keperluan harus dimanfaatkan secara bijaksana dengan perhitungan untuk kepentingan generasi sekarang maupun generasi mendatang (Effendi, 2003). Kualitas air adalah mutu atau kondisi air yang dikaitkan dengan suatu keperluan atau kegiatan tertentu. Kualitas air menggambarkan kecocokan atau kesesuaian air untuk penggunaan tertentu, misalnya untuk air minum, pengairan/irigasi, perikanan, rekreasi, industri, dan sebagainya (Asdak, 2010).

Menurut UU Republik Indonesia Pasal 1 Ayat 14 No 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup disebutkan bahwa pencemaran lingkungan adalah proses masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain kedalam hidup oleh kegiatan manusia, sehingga melebihi baku mutu lingkungan hidup yang ditetapkan. Logam berat yang masuk kedalam lingkungan perairan tidak mengalami regulasi oleh organisme air, akan mengalami pengenceran, pengendapan dan dispersi yang kemudian diserap organisme lain yang hidup di perairan tersebut (Defew *et al.*, 2004). Menurut Warlina (2004), perubahan kualitas air dapat diketahui dengan pengamatan fisik, kimia dan biologis dengan mengetahui baku mutu air dan tingkat pencemaran air dengan parameter BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), DO (*Dissolved Oxygen*), suhu serta pH

(derajat keasaman). Baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan industri penyamakan kulit menurut Peraturan Menteri LHRI No. 5 Tahun 2014 adalah 0,60 mg/L untuk kadar paling tinggi dari krom total (Cr-T).

2.4. Fitoremediasi

Fitoremediasi berasal dari bahasa Yunani Kuno yaitu *Fyto* yang berarti nabati atau tanaman, serta bahasa Latin yaitu *remedium* yang berarti menyembuhkan atau memulihkan, *phytoremediation* atau fitoremediasi memiliki arti memulihkan atau menyembuhkan lingkungan dengan memanfaatkan kemampuan dari tanaman. Fitoremediasi adalah pemanfaatan tanaman untuk membersihkan zat pencemar dari suatu tempat atau lingkungan yang tercemar (Rondonuwu, 2014).

Banyak metode lain yang dapat digunakan untuk meremediasi suatu lingkungan yang tercemar, namun metode ini lebih banyak dipilih dan dikembangkan untuk meremediasi zat pencemar dari lingkungan yang tercemar karena memiliki kelebihan yaitu ramah lingkungan, biaya operasional yang relatif rendah serta dapat memelihara kualitas lingkungan menjadi lebih baik, hingga saat ini terdapat lebih dari 400 spesies tanaman yang sudah dipelajari kemampuannya sebagai bioakumulator zat pencemar logam berat dan senyawa organik (Volesky, 1998). Fahrudin (2010) juga mengatakan bahwa fitoremediasi adalah suatu metode yang mampu mengatasi pencemaran lingkungan dengan efektif, murah, serta bisa memanfaatkan secara langsung di tempat yang terpapar polutan dengan menggunakan tanaman berbunga, tanaman pangan dan pepohonan.

Keuntungan utama penggunaan metode ini dibanding dengan metode remediasi lain adalah hasil buangan sekunder yang dihasilkan memiliki sifat

toksik yang lebih rendah, lebih ekonomis dan lebih bersahabat dengan lingkungan (Pratomo, 2004). Adapun kelemahan dari metode ini (fitoremediasi) adalah waktu yang diperlukan untuk menghilangkan zat pencemar pada suatu lingkungan relatif lama dan bisa sampai beberapa musim tanam. Kelemahan lain dari metode ini adalah perlu adanya penanganan khusus pada jumlah biomassa yang dihasilkan karena mengandung zat pencemar, batas jangkauan akar kedalam tanah yang cukup terbatas sehingga tidak mampu menjangkau zat pencemar yang masuk terlalu dalam ke tanah, begitu juga kimia tanah, jumlah kontaminan, serta kondisi iklim yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Tangahu *et al.*, 2011).

Fitoremediasi ini adalah metode remediasi yang mengandalkan peran alami tanaman untuk mengabsorpsi, mendegradasi, mentransformasi dan memindahkan zat pencemar, baik itu senyawa logam berat, senyawa organik maupun zat pencemar lainnya. Surtikanti, (2011) menyatakan bahwa fitoremediasi dibagi menjadi rizofiltrasi, fitoekstraksi, fitotransformasi atau fitodegradasi, fitostimulasi, fitostabilisasi, fitovolatilisasi. Adapun penjelasan masing-masing mekanismenya adalah sebagai berikut:

- a. Rizofiltrasi yaitu fitoremediasi yang terjadi di daerah akar tanaman karena proses adsorpsi, pemekatan dan pengakumulasian polutan.
- b. Fitoekstraksi ialah proses pengambilan sari (polutan) dan penumpukan polutan dari lapisan tipis pada tanaman yang diambil dan dimanfaatkan kembali sehingga memiliki nilai ekonomis (pungut ulang).
- c. Fitotransformasi atau Fitodegradasi merupakan proses remediasi zat pencemar yang diakibatkan oleh adanya perubahan molekul organik dari yang kompleks menjadi molekul organik yang sederhana. Proses ini melibatkan metabolisme

zat kontaminan di dalam jaringan tumbuhan, misalnya oleh enzim *dehalogenase* dan *oksigenase*.

- d. Fitostimulasi atau *plant-assisted bioremediation* (simbiosis antara tanaman dengan mikrobial) yaitu proses remediasi zat kontaminan pada daerah akar yang diakibatkan oleh adanya aktifitas mikroba yang bekerja secara bersamaan.
- e. Fitostabilisasi adalah proses remediasi yang terjadi karena pergerakan polutan menurun melalui penyusunan senyawa yang lebih kompleks tetapi mudah untuk diabsorpsi oleh tumbuhan di daerah rizosfer.
- f. Fitovolatilisasi terjadi ketika penyerapan kontaminan dan melepaskan ke udara oleh tanaman melalui daun, senyawa kontaminan juga dapat mengalami degradasi sebelum dilepas melalui daun.

Metode meremediasi lingkungan tercemar menggunakan tanaman ini mulai diketahui sebagai suatu teknologi atau cara untuk melestarikan lingkungan. Pada dasarnya tanaman memiliki sifat dasar untuk menyerap logam, seperti Zn, Mo, Mn, Fe, Ni, Co, Cr dan Cu yang merupakan unsur mikro yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Namun beberapa unsur logam lainnya seperti Cd, Pb dan Cr, masih belum diketahui manfaatnya bagi tanaman. Oleh sebab itu, pada awalnya fitoremediasi digunakan sebagai upaya penanganan lingkungan yang tercemar logam (Cunningham *et.al.*, 1995). Sudah banyak hasil penelitian yang menunjukkan keberhasilan pemanfaatan tumbuhan untuk meremediasi lingkungan dan tidak sedikit pula tumbuhan yang sudah dibuktikan mampu mengakumulasi polutan dan berperan sebagai hiperakumulator, kebanyakann adalah spesies yang berasal dari daerah tropis. Spesies tersebut diantaranya *Astragalus racemosus* untuk sesium (Se), *Thlaspi calaminare* untuk logam seng (Zn), *Haumaniastrum*

robertii untuk logam kobalt (Co), *Areolanthus biformifolius* untuk logam tembaga (Cu), *Phylanthus serpentines* untuk logam nikel (Ni), *Thlaspi caerulescens* untuk logam cadmium (Cd), dan *Alyxia rubricaulis* untuk mangan (Mn) (Wise *et al.*, 2000). Selain itu juga ada tumbuhan *Brachiaria mutica* yang dapat meremediasi air raksa (Hg) (Rondonuwu, 2014).

Soerjani dkk., (1980) menunjukkan bahwa tumbuhan air bisa membantu mengedarkan udara dalam air melalui proses fotosintesis dengan menyerap unsur hara yang berlebihan yang menyebabkan pencemaran air. Permulaan dari proses fitoremediasi adalah ketika akar tumbuhan menyerap zat pencemar yang terkandung dalam air. Kemudian, air yang mengandung zat pencemar tersebut dialirkan ke seluruh tubuh tumbuhan melalui proses transportasi tumbuhan, sehingga air yang tercemar tersebut menjadi bersih dari zat pencemar. Tumbuhan ini berperan secara langsung atau secara tidak langsung dalam proses remediasi lingkungan yang tercemar (Surtikanti, 2011).

Surtikanti (2011) menyatakan tentang macam-macam tumbuhan yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi fitoremediasi yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.3 Jenis-jenis Tanaman untuk Aplikasi Fitoremediasi

No	Aplikasi	Media	Kontaminan	Jenis Tanaman
1.	Fitoremediasi	Tanah, air tanah, <i>landfill leachate</i> , air Limbah	a. Herbisida b. Aromatic (BTEX) c. Chlormate aphants (TCE) d. Nutrient (NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-}) e. Limbah amunisi (TNT, RDX)	<i>Alfalfa</i> , <i>Poplar</i> , <i>Willow</i> , <i>Aspen</i> , gandum
2.	Bioremediasi rhizosfer	Tanah, sedimen, air limbah	a. Kontaminan organik estisida b. PAH	Murberry, apel, tumbuhan air
3.	Fitostabilisasi	Tanah sedimen	a. Logam (Pb, Cd, Zn, As, Cu, Cr, Se,	Tanaman yang memiliki

		U)	sistem akar yang padat
		b. Hydrophobic organic (PAHs, dioxin, furans, pentachlorofenol, DDT, dieldrin)	Rumput yang memiliki serat akar yang banyak. Tanaman yang dapat melakukan transpirasi air yang lebih banyak. Bunga matahari, dandelion.
4.	Rhizofiltrasi	Air tanah, dan air limbah di danau atau air sumur buatan	a. Logam metal (Pb, Cd, Zn, Ni dan Cu) b. Radioaktif (Cs, Sr dan U) c. Senyawa organik hidrofobik Tanaman air

Sumber: Surtikanti (2011)

Tumbuh-tumbuhan ini adalah tumbuhan yang termasuk dalam tumbuhan hyperakumulator. Tanaman hyperakumulator adalah tanaman yang mampu menyerap logam berat kurang lebih 1% dari berat keringnya (Fahrudin, 2010). Beberapa tumbuhan dari banyak famili terbukti mempunyai sifat hipertoleran, sehingga memiliki sifat hyperakumulator. Tumbuhan hyperakumulator berarti dapat mengakumulasi unsur logam tertentu dengan konsentrasi tinggi pada tajuknya (Chaney *et al.*, 1995). Ciri-ciri tumbuhan hyperakumulator adalah: memiliki ketahanan terhadap unsur logam dalam konsentrasi tinggi, tingkat laju penyerapan unsur hara lebih tinggi daripada tumbuhan lain, serta dapat mentranslokasi dan mengakumulasi unsur logam dari akar ke tajuk dengan laju yang tinggi (Agunbiade *et al.*, 2009).

2.5. Logam Berat Kromium (Cr)

Logam berat kromium adalah elemen berbahaya di permukaan bumi dan

dijumpai dalam kondisi oksida antara Cr (II) sampai Cr (VI), tetapi hanya kromium bervalensi tiga dan enam memiliki kesamaan sifat biologinya. Kromium bervalensi tiga umumnya merupakan bentuk yang umum dijumpai di alam, dan dalam material biologis kromium selalu berbentuk tiga valensi, karena kromium enam valensi merupakan salah satu material organik pengoksida tinggi. Pada bahan makanan dan tumbuhan mobilitas kromium relatif rendah dan diperkirakan konsumsi harian komponen ini pada manusia di bawah 100 μg (Main, 1996). Kromium yang berada di perairan dapat berakibat turunnya kualitas air dan berbahaya terhadap organisme akuatik dan lingkungan sekitar. Organisme dapat menimbulkan gangguan terhadap metabolisme tubuh manusia sehingga enzim dapat terhalang dalam proses fisiologi. Tubuh manusia yang telah dimasuki kromium bersifat kronis dan mengakibatkan kematian terhadap organisme akuatik (Puspita *et al.*, 2011).

2.5.1. Sumber Polusi Kromium (Cr)

Keseluruhan lingkungan dapat dimasuki oleh logam Cr termasuk lingkungan perairan, udara, dan juga tanah. Lingkungan yang dimasuki kromium bisa datang dari berbagai macam sumber. Namun, logam Cr yang memasuki sumber lingkungan pada umumnya merupakan yang terbanyak dihasilkan dari kegiatan industri. Selain itu, juga dapat dihasilkan dari kegiatan rumah tangga, pembakaran, dan mobilisasi terhadap bahan bakar. Sumber utama dari masuknya Cr ke lapisan udara dari suatu strata lingkungan adalah dari pembakaran dan mobilisasi batubara dan minyak bumi (H Palar, 2004).

Racun logam berat yang telah mencemari lingkungan secara global dikarenakan proses industri yang terus meningkat dalam beberapa dekade

terakhir. Limbah yang dihasilkan dari industri dan proses pertanian pembuangan limbahnya tidak dikelola dengan baik. Salah satu logam berat yang sangat berbahaya terhadap lingkungan adalah kromium Cr. Dengan tingkat berbahaya yang sangat tinggi logam berat ini dapat membahayakan kehidupan organisme (Buyong *et al.*, 2007; Lasat, 2002). Lingkungan dapat di cemari oleh logam berat kromium (Cr) melalui udara, tanah dan air sehingga air dapat terkontaminasi melalui ikatan air. Logam yang memiliki racun ini dapat berakibat buruk pada tubuh manusia terutama pada kulit, ginjal, pernafasan dan pembuluh darah. Dalam literatur telah dijelaskan mengenai berbagai cara untuk mencoba menyelesaikan permasalahan yang diakibatkan oleh logam tersebut. Penelitian yang dilakukan oleh Arasy (2016) menyebutkan bahwa proses fitoremediasi oleh tumbuhan air dalam mengurangi logam kromium (Cr) sangat baik dan cukup efektif serta dapat diaplikasikan dengan baik.

2.5.2. Bahaya Kromium Bagi Kesehatan

Kromium Cr yang meracuni tubuh manusia sangat tidak baik pada saluran pernafasan, ginjal, kulit, dan pembuluh darah. Saluran pernafasan (*Respiratory system effects*) yang diakibatkan kromium seperti kanker paru-paru dan juga ulkus kronis/perforasi untuk spektrum nasal. Ulkus kronis merupakan akibat pada kulit (*Skin effects*). Sementara pembuluh darah (*Vascular effects*) merupakan plak pembuluh aorta (*Atherosclerotic aortic plaque*) yang ditebalkan. Sedangkan untuk kelamin yang berupa ginjal (*Kidney effects*) merupakan nekrosis tubulus pada ginjal (Putranto, 2011; Reffiane, Arifin, & Santoso, 2011). Kromium (VI) termasuk salah satu logam berat yang menjadi salah satu parameter kualitas perairan karena daya racunnya yang tinggi. Telah banyak dilakukan penelitian

sebelumnya terkait logam berat kromium heksavalen yang dilakukan diberbagai tempat, baik mengenai toksisitas, optimasi dan konsentrasi maupun hubungan dengan parameter kualitas lainnya (Neneng, 2015).

Daya racun yang dimiliki logam kromium ditentukan dari bilangan oksidasinya. Logam kromium merupakan logam berat yang dapat memasuki semua strata lingkungan seperti tanah, udara termasuk strata perairan. Sumber-sumber masukan logam ke dalam lingkungan umumnya dari kegiatan-kegiatan industri, rumah tangga dan kromium masuk ke udara salah satunya melalui pembakaran dan mobilisasi batu bara dan minyak bumi. Kromium di udara dalam bentuk debu dan partikulat-partikulat dan turun ke tanah atau perairan melalui air hujan, angin, Gaya gravitasi ataupun dari limbah industri yang dibuang melalui badan air penerima ke sungai (H Palar, 2008; Heryando Palar, 1994).

Kerja enzim dapat terganggu dengan adanya racun dari bahan kromium yang aktif dengan proses fisiologi dan metabolisme. Sehingga rangkaian dapat terputus ke rangkaian metabolisme ion Cr^{6+} dapat terputus pada saat proses metabolisme. Kerja enzim benzopiren hidroksilase dapat terhambat karena adanya perubahan pada saat pertumbuhan sel. Dengan demikian sel-sel yang tumbuh merupakan kanker. Berdasarkan dari pengolahan tersebut maka Cr yang termasuk dalam kelompok logam yang memiliki sifat karsinogenik dapat diterima (Asmadi, Endro, & Oktiawan, 2018; Hapsari, Zaman, & Andarani, 2016).

2.6. Mekanisme Penyerapan Logam Berat

Sebagai alternatif pada pengolahan air yang dapat diterapkan untuk menurunkan kadar logam Cr dengan menggunakan proses bioremediasi sederhana. Bioremediasi adalah pemanfaatan tumbuhan maupun mikroorganisme

untuk meminimalisasi polutan, salah satunya bioremediasi pencemaran logam berat pada perairan yang tercemar adalah menggunakan tumbuhan eceng gondok karena mampu bertahan, tumbuh dan berkembang biak pada air yang kotor. Tumbuhan eceng gondok ini dipilih karena dapat digunakan sebagai sarana alami untuk menangani limbah cair, selain itu Eceng gondok memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat termasuk krom (Cr) dengan cara menyerapnya melalui permukaan sel akar. Tumbuhan eceng gondok merupakan tumbuhan monokotil yang bersifat hiperakumulator yang akan mengumpulkan logam berat dalam jumlah lebih besar pada organ tumbuhan (Lubis, 2006). Absorpsi dan akumulasi logam berat pada tumbuhan dapat digolongkan menjadi tiga proses, yaitu penyerapan logam oleh akar, pemindahan logam dari akar ke bagian tubuh tumbuhan lain atau translokasi, dan penetapan logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak terjadi penghambatan metabolisme tumbuhan tersebut atau lokalisasi (Benny, 2011). Tingginya tingkat penumpukan logam berat dalam organ akar dan batang, merupakan salah satu mekanisme tumbuhan untuk menghadapi lingkungan toksik. Menurut Fitter (1991), ada 4 jenis mekanisme utama yang akan dilakukan tumbuhan untuk menghadapi lingkungan beracun, yaitu:

1. Penghindaran fenologis (*escape*), terjadi apabila stress yang dialami tanaman bersifat musiman, tanaman dapat menyesuaikan siklus hidupnya, sehingga tanaman hanya akan tumbuh pada musim yang sesuai saja.
2. Pencegahan (*eksklusi*), yaitu tanaman dapat mengenali ion-ion yang beracun dan mencegahnya agar tidak terserap sehingga tidak mengalami toksisitas.
3. Penanggulangan (*ameliorasi*), ketika tanaman mengabsorpsi ion toksik tanaman akan melakukan tindakan untuk meminimumkan pengaruhnya.

Penanggulangan tersebut meliputi pembentukan zat khelat (*chelation*), lokalisasi, pengenceran, bahkan ekskresi.

4. Toleransi, tanaman dapat mengembangkan sistem metabolik yang berfungsi pada konsentrasi polutan beracun yang potensial, mungkin dengan molekul enzim.

Materi-materi organik ataupun anorganik termasuk logam berat khususnya Cr yang terlarut dalam air dapat dikurangi oleh *mikrobia rhizosfera* yang terdapat pada akar tanaman eceng gondok yaitu dengan cara menyerap zat pencemar tersebut dari sedimen dan perairan kemudian diakumulasi kedalam struktur tubuhnya (Suriawiria, 1993).

2.7. Fitotoksisitas

Media air atau tanah yang mengandung senyawa beracun yang ditumbuhi oleh tanaman akan memberikan respon sensitif (resisten). Respon ini akan ditandai dengan perkembangan tanaman yang tidak normal bahkan kematian.

Logam berat dapat menyebabkan toksisitas pada tanaman dengan cara:

1. Mengganggu metabolisme tumbuhan dikarenakan terganggunya kontak air dengan tanaman.
2. Melemahkan akar dan berkurangnya kemampuan seleksi karena meningkatnya permeabilitas membran plasma sel akar.
3. Penghambatan respirasi dan fotosintesis.
4. Menurunkan aktivitas enzim metabolik.

Setiap tanaman memiliki ambang batasnya masing-masing terhadap logam berat. Apabila ambang batas tersebut terlampaui maka akan menyebabkan pembentukan khelat yang bersifat toksik yang disebabkan oleh meningkatnya aktivitas enzim dan protein.

Indikator yang menunjukkan adanya toksisitas pada tanaman secara morfologi adalah sebagai berikut :

1. Pada bagian akar khususnya pada rambut akar akan terlihat jarang dan berubah warna menjadi coklat kehitaman serta bagian bulu-bulu akar akan mengalami kerontokan.
2. Pada bagian tangkai akan membusuk dan berubah warna menjadi hijau keputihan.
3. Pada bagian daun akan terlihat perubahan warna, warna daun menjadi hijau kecoklatan. Daun yang berwarna hijau terlihat ujung-ujungnya menjadi pucat, layu dan gugur. Daun pun tidak dapat tumbuh dengan baik dan akhirnya mengulung.
4. Pada tunas, tunas yang sudah muncul sebelum penanaman pertumbuhannya akan terhenti (Ahmady, 1993).

Logam berat kromium (Cr) adalah salah satu jenis logam berat yang berbahaya, logam krom ini umumnya berasal dari pelapisan logam (*electroplating*), limbah industri cat, serta industri penyamakan kulit (*leather tanning*). Logam berat kromium biasa ditemukan di alam dalam dua bentuk, yaitu *chromium hexavalent* atau Cr (VI) dan *chromium trivalent* atau Cr (III). Adapun *chromium hexavalen* atau Cr (VI) adalah senyawa yang mudah larut dalam air dan dapat membentuk *divalent oxyanion* yaitu kromat (CrO_4^{2-}) dan dikromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$). Tingkat toksisitas Cr (VI) sangat tinggi sehingga beracun terhadap semua organisme, pada konsentrasi > 0,05 ppm (Slamet, 2005). Dalam tanaman, krom (Cr) dapat berfungsi sebagai enzim kofaktor, tetapi akan mengakibatkan keracunan apabila jumlahnya berlebih (Kirkby, 1987).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan 25 Maret 2022 – 28 Mei 2022 di Laboratorium Kimia Organik dan di Laboratorium Layanan dan Instrumen Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain ialah : hot plate, gelas beaker, gelas arloji, pipet volume, labu ukur, erlenmeyer, corong gelas, kertas saring, wadah plastik, jurigen, dan seperangkat alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

3.2.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tanaman air eceng gondok (*Eichhornia crassipes* Solm.), asam nitrat (HNO₃), aquabidest dan air limbah cair yang diambil dari hasil buangan produksi Pabrik kulit Jati di daerah Banjarejo Kabupaten Magetan Jawa Timur.

3.3. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis deskriptif kuantitatif dengan pendekatan eksperimental yaitu dengan menerapkan prinsip-prinsip pengontrolan terhadap hal-hal yang mempengaruhi jalannya eksperimen. Pengambilan sampel dilakukan secara langsung dan dianalisis menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA). Sampel Krom (Cr) diambil dari instalasi pembuangan air limbah di dalam satu

pabrik kulit di desa Banjarejo kecamatan Ngariboyo kabupaten Magetan. Sampel air limbah diambil menggunakan jerigen dari kolam penampungan limbah sementara, sampel limbah yang sudah diambil lalu dilakukan uji pendahuluan untuk mengetahui kadar logam berat krom yang terdapat dalam air limbah tersebut. Sampel Eceng gondok (*Eichhornia crassipes* Solm.) diambil dari tempat budidaya eceng gondok kemudian dilakukan aklimatisasi selama 10 hari dalam wadah plastik dengan ditambahkan air bersih (Haryati, dkk., 2012). Data yang dianalisis adalah efektifitas penurunan konsentrasi logam berat krom serta absorbansi sampel air limbah pada Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) untuk mengetahui konsentrasinya.

3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1. Pengambilan Sampel

Tahapan awal dalam penelitian ini adalah menyiapkan limbah cair hasil penyamakan kulit. Limbah cair yang diambil merupakan limbah cair dari industri penyamakan kulit pada proses penyamakan krom. Pengambilan limbah cair menggunakan jerigen dan diambil dari kolam pemanpungan limbah sementara yang kemudian dibawa ke lokasi penelitian. Sampel tanaman eceng gondok diambil dari tempat budidaya eceng gondok.

3.4.2. Analisis Kadar Logam Cr dalam Sampel Air Limbah Menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA).

Tahapan kedua setelah pengambilan sampel yaitu uji kandungan krom pada limbah cair hasil penyamakan kulit yang akan digunakan untuk memastikan bahwa limbah cair tersebut mengandung krom. Setelah diketahui bahwa limbah cair hasil penyamakan kulit mengandung krom dilakukan uji krom yang diukur

menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA).

3.4.3. Aklimatisasi Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* Solm.)

Aklimatisasi tanaman eceng gondok dilakukan dengan tujuan untuk menyesuaikan diri dengan lingkungan uji. Aklimatisasi tanaman eceng gondok dilakukan selama 7 hari pada media air biasa, setelah diaklimatisasi sampel tanaman kemudian diuji dan dipilih tanaman dengan kondisi yang terbaik dan yang sehat. Penerapan pada reaktor diperhitungkan antara kepadatan tumbuhan di dalam bak fitoremediasi terhadap jumlah tanaman yang akan digunakan. Reaktor uji diberi 10 buah yang diperkirakan dengan kriteria yang sama (Rukmi, 2013).

Aklimatisasi dilakukan selama 7 hari mengacu pada penelitian Azizah (2016) dan Puspita (2013) yang bertujuan untuk mengatur kondisi tanaman agar sesuai dengan kondisi asli dan dapat beradaptasi dengan kondisi air limbah yang akan diolah. Penempatan lokasi proses aklimatisasi disesuaikan dengan lokasi tahapan fitoremediasi untuk mendapatkan factor lingkungan yang sama. Adapun hasil dari aklimatisasi adalah tanaman uji yang digunakan merupakan tanaman yang mempunyai morfologi tumbuh baik dan segar (tidak layu maupun mati). Proses aklimatisasi dilakukan juga untuk menumbuhkan organ akar supaya lebat, sehingga mempunyai kemampuan maksimal dalam penyerapan polutan.

3.4.4. Pemaparan Sampel Tanaman dengan Logam Berat Cr (air limbah)

Pemaparan sampel Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan cara menaruh sampel eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam wadah plastik dengan volume dua liter yang masing-masing berisi dua spesimen kemudian menambahkan cairan limbah pabrik kulit kedalam wadah sebanyak satu liter dengan waktu pemaparan 0, 7, 14, 21, dan 28 hari dengan masing-masing 5

pengulangan. Eceng gondok yang digunakan pada setiap perlakuan merupakan eceng gondok dengan individu berbeda namun morfologi relatif sama dengan eceng gondok pada perlakuan lainnya. Lokasi pemaparan limbah cair penyamakan kulit terhadap eceng gondok dilakukan di lokasi terbuka. Wadah yang sudah disiapkan kemudian diisi dengan tanaman dengan berat basah 20 gram yang memiliki ketinggian dan morfologi sama sebanyak dua tanaman pada masing-masing wadah, perbedaan banyaknya jumlah daun tidak diperhitungkan.

3.4.5. Pembuatan Kurva Standar Krom (Cr)

Larutan standar kromium (Cr) diperoleh dari pengenceran larutan induk kromium $\text{Cr}(\text{NO}_3)_2$ 1000 ppm. Kemudian membuat larutan kromium (Cr) 10 ppm dengan cara mengambil 1 mL larutan baku 1000 ppm ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian diencerkan sampai tanda batas. Larutan standar kromium (Cr) 2, 4, 6, 8, dan 10 ppm dibuat dengan cara memindahkan 10 mL, 20 mL, 30 mL, 40 mL dan 50 mL larutan baku 10 ppm ke dalam labu ukur 50 mL, kemudian diencerkan sampai tanda batas (SNI 06-6989.17-2004).

3.4.6. Preparasi Sampel Air Limbah

Preparasi sampel air limbah dilakukan setiap satu minggu sekali, yaitu di hari ke-7, 14, 21 dan 28. Air limbah sisa pemaparan diambil sebanyak 100 mL dalam plastik kemudian masukkan 100 mL contoh uji yang sudah homogen kedalam gelas beaker. Tambahkan 5 mL asam nitrat (HNO_3). Panaskan di hot plate selama 90 menit sampai larutan contoh uji hampir kering atau tersisa 20-15 mL serta berubah menjadi jernih. Ditambahkan aquabidest ke dalam labu ukur 50 mL melalui kertas saring dan ditepatkan 50 mL dengan aquabidest (SNI 06-6989.17-2004).

3.4.7. Pengamatan Fitotoksisitas

Pengamatan toksisitas tanaman dilakukan setiap satu minggu yakni hari pengamatan ke-7, 14, 21 dan 28. Tanaman yang telah terpapar limbah cair penyamakan kulit diamati perubahan yang terjadi pada bagian akar, tangkai, dan daunnya. Perubahan yang terjadi berupa perubahan warna, daun yang menggulung, dan kerusakan pada bagian tanaman. Jika telah terjadi perubahan maka akan dicatat dan difoto sebagai data hasil pengamatan.

3.4.8. Analisis Data

Analisis efektivitas dihitung dalam persen (%) yaitu efektivitas penurunan konsentrasi krom merupakan tingkat keberhasilan tanaman eceng gondok dalam menurunkan konsentrasi krom pada limbah cair penyamakan kulit. Rumus efektivitas adalah sebagai berikut (Yuliana, 2013):

$$\text{Efektivitas} = \frac{(AC-AB)}{AC} \times 100\%$$

Keterangan :

AC = konsentrasi variabel (krom) sebelum pengolahan

AB = konsentrasi variabel (krom) sesudah pengolahan

Analisis absorbansi sampel air limbah pada Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Data pembuatan kurva standar memiliki hubungan antara konsentrasi dan absorbansi, sehingga kadar logam krom total (Cr-T) dapat diketahui dengan persamaan regresi linear

$$Y = bx + a$$

Keterangan : Y= Absorbansi sampel

a = Intersept

b = Slope

x = Konsentrasi logam pencemar pada sample air

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kemampuan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* Solm.) dalam Menurunkan Kadar Logam Krom (Cr) dalam Limbah Cair Penyamakan Kulit

Konsentrasi awal logam krom (Cr) pada limbah cair penyamakan kulit adalah 52,77 ppm. Konsentrasi tersebut masih jauh diambang batas yang ditetapkan oleh kementerian lingkungan hidup Republik Indonesia. Menurut peraturan menteri lingkungan hidup Republik Indonesia nomor 5 tahun 2014 baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan industri penyamakan kulit pada parameter krom total (Cr) memiliki kadar paling tinggi sebesar 0,60 mg/L.

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes* Solm.) mampu menurunkan konsentrasi logam krom (Cr) pada limbah cair penyamakan kulit (Tabel 4.1). Pada minggu pertama konsentrasi krom (Cr) dalam air limbah penyamakan kulit dapat diturunkan sebesar 51,32% atau 25,67 ppm dari total 52,77 ppm. Kemudian pada minggu kedua eceng gondok mampu menurunkan konsentrasi krom sebesar 22,80% dan tersisa 13,66 ppm dalam air. Eceng gondok dapat menurunkan kadar krom sebesar 11,25% pada minggu ketiga dan kadar krom yang ada dalam air tersisa 7,71 ppm. Pada minggu keempat konsentrasi logam krom yang tersisa dalam air adalah 2,75 ppm (meremediasi 10,92%). Persentase penurunan kadar krom dalam air limbah penyamakan kulit mulai menurun pada hari ke-14 sampai hari ke-28 dikarenakan eceng gondok mulai mengalami kerusakan akibat cekaman logam berat krom (Cr). Eceng gondok dinilai berpotensi sebagai fitoremediator logam berat krom (Cr) karena mampu

meremediasi 50,0167 ppm logam krom (Cr) dalam limbah cair penyamakan kulit dalam waktu 28 hari, dari total konsentrasi awal sebesar 52,77 ppm (96,29% kadar krom yang mampu diremediasi). Namun, konsentrasi ini masih belum memenuhi baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan industri penyamakan kulit pada parameter krom total (Cr) yaitu sebesar 0,60 ppm.

Tabel 4.1 Penurunan konsentrasi logam Krom (Cr) teremediasi oleh tanaman eceng gondok

Konsentrasi Cr awal (ppm)	Waktu Pemaparan (hari)	Rata-rata Cr sisa (ppm)	Rata-rata Cr Terserap (ppm)	Persen rata-rata teremediasi
52,77	0	52,77	0	0%
	7	25,67 ± 0,133	27,0967 ± 0,1332	51,32% ± 0,0027
	14	13,66 ± 0,575	39,1133 ± 0,5747	74,12% ± 0,0109
	21	7,71 ± 0,34	45,0500 ± 0,3365	85,37% ± 0,0064
	28	2,75 ± 1,49	50,0167 ± 1,4937	96,29% ± 0,0151

Efektifitas penurunan logam krom mengacu pada kemampuan eceng gondok dalam menyerap kandungan krom pada limbah cair hasil penyamakan kulit. Tingkat efisiensi penyerapan krom lebih menitikberatkan pada penerapan konsep fitoremediasi krom dengan memperhitungkan penyerapan logam krom (Cr) terbaik dalam jangka waktu yang lebih singkat. Hasil penelitian ini selaras dengan apa yang telah dilakukan oleh Puspita, dkk (2011) agen fitoremediator logam berat Cr terbaik pada limbah batik adlah eceng gondok (*Eichhornia crassipes* Solm.).

Tanaman eceng-ecengan termasuk dalam tanaman yang cepat beradaptasi dengan lingkungan. Menurut hasil penelitian Yola, dkk (2014) tanaman dari

keluarga eceng-ecengan (*Pontederiaceae*) dapat digunakan sebagai agen fitoremediator logam berat terutama logam berat krom (Cr), adapun yang termasuk dalam keluarga eceng-ecengan adalah *Eichhornia crassipes* Solm., *Monochoria vaginalis*, dan *Heteranthera peduncularis*. Hasil menunjukkan bahwa tumbuhan yang paling berpotensi menjadi agen fitoremediator logam berat krom (Cr) adalah *Eichhornia crassipes* Solm. yang memiliki kapasitas penyerapan sebesar 1,5395 µg/g. Tumbuhan eceng gondok ini dipilih karena dapat digunakan sebagai sarana alami untuk menangani limbah cair, selain itu eceng gondok dapat tumbuh dengan cepat serta memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat termasuk krom (Cr) dengan cara menyerapnya melalui permukaan sel akar. Tumbuhan eceng gondok merupakan tumbuhan monokotil yang bersifat hiperakumulator yang akan mengumpulkan logam berat dalam jumlah lebih besar pada organ tumbuhan (Lubis, 2006).

Absorpsi dan akumulasi logam berat pada tumbuhan dapat digolongkan menjadi tiga proses, yaitu penyerapan logam oleh akar, pemindahan logam dari akar ke bagian tubuh tumbuhan lain atau translokasi, dan penetapan logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak terjadi penghambatan metabolisme tumbuhan tersebut atau lokalisasi (Benny, 2011). Logam berat dapat terakumulasi melalui rantai makanan, semakin tinggi tingkatan rantai makanan yang ditempati oleh suatu organisme, akumulasi logam berat di dalam tubuhnya juga semakin bertambah (Ashraf, 2006). Tingginya tingkat akumulasi logam berat dalam organ akar dan batang, merupakan salah satu mekanisme tumbuhan untuk menghadapi lingkungan toksik. Logam berat menyebabkan cekaman oksidatif dengan pembentukan radikal bebas. Cekaman oksidatif mengacu pada peningkatan

generasi spesies oksigen reaktif yang dapat mengganggu pertahanan antioksidan di dalam sel dan dapat menyebabkan kerusakan atau kematian sel. Namun proses remediasi tersebut juga berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman eceng gondok itu sendiri, hal inilah yang menyebabkan kemampuan penyerapan konsentrasi logam krom di minggu keempat mengalami penurunan.

4.2. Perubahan Morfologi Tanaman Eceng Gondok Akibat Cekaman Logam Berat Krom (Cr)

Perubahan morfologi dan kerusakan tanaman yang ditunjukkan dalam gangguan pertumbuhan hingga tingkat komunitas tanaman merupakan dampak pencemaran logam berat. Pencemaran mengakibatkan adanya perubahan di tingkat biokimia sel yang diikuti dengan perubahan fisiologis tingkat individu hingga tingkat komunitas tanaman (Fontes, 1995). Berdasarkan hasil pengamatan pada morfologi sampel tanaman dari awal penelitian sampai hari ke 28 terlihat adanya perubahan morfologi pada tanaman eceng gondok.



Gambar 4.1. Pemaparan sampel hari ke-0. (a) dan (b) Tanaman dengan perlakuan, (c) Tanaman kontrol



Gambar 4.2. Pemaparan sampel tanaman hari ke-7. (a) dan (b) Tanaman dengan perlakuan, (c) Tanaman kontrol

Penelitian hari ke-0 tanaman eceng gondok keempat kelompok terlihat berwarna masih hijau dan masih segar kondisi air limbah masih berwarna biru kehijauan. Seiring bertambahnya waktu, pada hari ke-7 tanaman eceng gondok mulai menunjukkan adanya perubahan, daun eceng gondok mulai menguning, ujung daun ada yang menggulung dan beberapa tangkai sudah mulai berubah warna menjadi kecoklatan, sedangkan untuk tanaman kontrol tidak mengalami perubahan morfologi. Perubahan warna pada daun tanaman eceng gondok menandakan adanya gejala klorosis (rusaknya jaringan klorofil) yang terjadi karena tanaman mengalami toksisitas logam krom (Cr) dari limbah cair. Darmono (1995) mengatakan, klorosis merupakan degenerasi klorofil (kurang berkembang/tidak terbentuknya klorofil) yang mengakibatkan daun menguning atau mozaik hal ini ditunjukkan dengan berubahnya warna daun dengan campuran warna hijau, kuning dan hitam. Gejala lainnya yang ditimbulkan akibat keracunan logam ini selain klorosis adalah nekrosis. Nekrosis merupakan kematian sel maupun jaringan pada organ hidup sehingga timbul warna dan bercak coklat pada

ujung dan tepi daun (Darmono, 1995). Menurut Ahmady (1993) krusakan yang ditimbulkan pada bagian daun akan terlihat adanya perubahan warna. Daun yang berwarna hijau terlihat ujung-ujungnya menjadi pucat, gugur dan layu. Daun pun tidak dapat berkembang dengan baik dan akhirnya mengulung.



Gambar 4.3. Pemaparan sampel tanaman hari ke-14. (a) sampai (e) Tanaman dengan perlakuan, (f) Tanaman kontrol

Pada hari ke-14 air limbah yang diremediasi sudah mulai berubah warna dari biru kehijauan menjadi lebih jernih, jumlah sampel tanaman yang tangkai dan daunnya menguning semakin bertambah serta akarnya sudah mulai berubah warna menjadi coklat kehitaman, hal ini terjadi karena sampel tanaman terpapar oleh logam krom (Cr) dalam waktu lama sehingga proses penghambatan sintesis klorofil juga semakin tinggi. Tangkai mulai berubah warna menjadi coklat, pada bagian daun juga mengalami perubahan warna menjadi coklat dan mulai kering, serta bagian akar yang berubah menjadi coklat, sedangkan untuk tanaman kontrol tidak mengalami perubahan morfologi. Hal ini sesuai dengan penjelasan Ahmady (1993) yaitu, pada bagian akar khususnya rambut akar akan terlihat jarang dan berubah warna menjadi coklat kehitaman serta bagian bulu-bulu akar akan

mengalami kerontokan. Tangkai akan membusuk dan berwarna hijau keputihan.

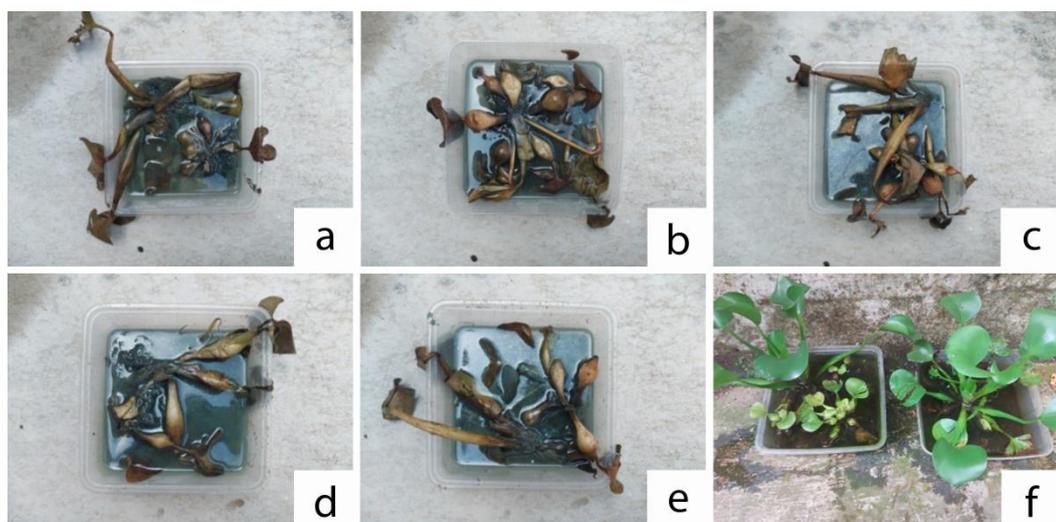
Perubahan yang terjadi pada tanaman eceng gondok bisa terjadi karena logam kromium (Cr) memiliki sifat yang sangat beracun, tidak hanya berdampak kepada tumbuhan tetapi juga dapat mempengaruhi kesehatan manusia, hal ini dikarenakan selain bersifat toksik, logam kromium (Cr) juga bersifat karsinogenik (dapat menyebabkan kanker). Yuliani (2009) menuturkan bahwa, Kromium adalah bahan kimia yang bioakumulatif, persisten, dan tergolong sangat beracun serta sukar terurai di dalam air atau tanah dan akhirnya terakumulasi di dalam tubuh manusia melalui rantai makanan. Kromium heksavalen (Cr VI) lebih beracun dibandingkan dengan Cr (III), baik paparan akut maupun kronis. Tingkat toksisitas Cr (VI) sangat tinggi sehingga hanya dalam konsentrasi > 0,05 ppm saja sudah sangat beracun terhadap semua organisme. Cr (VI) dapat menyebabkan iritasi pada kulit manusia dan bersifat karsinogenik (dapat menyebabkan kanker).

Kromium (Cr) yang meracuni tubuh sangat berbahaya terutama pada saluran pernafasan, ginjal, kulit, dan pembuluh darah. Saluran pernafasan (*Respiratory system effects*) yang diakibatkan kromium seperti kanker paru-paru dan juga ulkus kronis/perforasi untuk spektrum nasal. Ulkus kronis merupakan akibat pada kulit (*Skin effects*). Sementara pembuluh darah (*Vascular effects*) merupakan plag pembuluh aorta (*Atherosclerotic aortic plaque*) yang ditebalkan. Sedangkan untuk kelamin yang berupa ginjal (*Kidney effects*) merupakan nekrosis tubulus pada ginjal (Putranto, 2011; Reffiane, Arifin, & Santoso, 2011). Kromium (VI) termasuk logam berat yang menjadi salah satu parameter kualitas perairan karena daya racunnya yang tinggi (Neneng, 2015).



Gambar 4.4. Pemaparan sampel tanaman hari ke-21. (a) sampai (e) Tanaman dengan perlakuan, (f) Tanaman kontrol

Hari ke-21 tanaman eceng gondok semakin layu dan sudah tidak terdapat daun yang berwarna hijau, bagian daun dan tangkai terdapat bintik-bintik hitam, tangkai sudah berwarna coklat serta akar yang mulai berubah warna menjadi biru kehijauan, karena adanya endapan hasil penyerapan dari limbah. Tanaman kontrol tidak menunjukkan adanya perubahan morfologis. Air limbah yang telah teremediasi sudah mulai berubah dari yang awalnya berwarna biru kehijauan menjadi lebih jernih.



Gambar 4.5. Pemaparan sampel tanaman hari ke-28. (a) sampai (e) Tanaman dengan perlakuan, (f) Tanaman kontrol

Hari ke-28 tanaman eceng gondok sudah berubah warna menjadi kecoklatan kehitaman dengan bintik-bintik hitam di tangkai dan daunnya, bagian akar berubah warna menjadi biru kehijauan dan mengalami kerontokan. Hal ini disebabkan karena tanaman terpapar logam berat krom (Cr) dalam waktu yang semakin lama sehingga proses penghambatan sintesis klorofil juga semakin tinggi. Eceng gondok mengalami kerusakan hingga sedemikian rupa karena disebabkan oleh terkumpulnya zat kontaminan berupa logam krom (Cr) tersebut di dalam jaringan vegetatif tumbuhan (Giordano *et al.*, 1975). Pengumpulan logam berat di dalam tubuh tumbuhan dapat menyebabkan penurunan biomasa akar dan pucuk (Kelly dan Mc. Kee, 1979). Perubahan tersebut erat kaitannya dengan kemampuan tumbuhan dalam beradaptasi pada kondisi cekaman tertentu walaupun akan menimbulkan gejala toksisitas pada tanaman. Terjadinya perubahan morfologi pada tanaman disebabkan oleh adanya perpindahan zat kontaminan dari limbah cair ke dalam tanaman melalui mekanisme penyerapan dalam tanaman. Mekanisme fitoremediasi yang terjadi dalam eceng gondok adalah *fitoekstraksi* dan *rhizofiltrasi*. Menurut Chaudary (1998), *Fitoekstraksi* merupakan proses penyerapan (absorpsi) zat kontaminan berupa logam berat oleh akar diikuti dengan translokasi atau pemindahan melalui xylem dan diakumulasi di vakuola sel daun dan batang.

Proses penting dari fitoremediasi adalah *rhizofiltrasi*. *Rhizofiltrasi* merupakan pengendapan senyawa polutan seperti logam berat oleh akar dengan bantuan zat pengkhelat (Lestari, dkk., 2011). Menurut Siswoyo (2006), tanaman mempunyai mekanisme tersendiri untuk mencegah terjadinya keracunan logam pada sel, salah satunya yaitu dengan menimbun logam dalam organ tertentu

seperti akar. Salisbury dan Ross (1995) mengatakan, spesies tumbuhan yang tumbuh di lingkungan terpapar logam berat akan mengalami stress metal dengan membentuk zat fitokelatin khususnya pada bagian akar sebagai mekanisme toleransi yang penting. Fitokhelatin adalah peptida kecil yang kaya akan asam amino sistein yang mengandung belerang. Atom sistem belerang akan mengikat logam berat dari media tumbuh. Senyawa fitokelatin yang terdapat pada akar tanaman memiliki berfungsi sebagai pengikat unsur logam dan membawanya ke dalam sel melalui proses transport aktif.

Tanaman eceng gondok memiliki kemampuan menyerap logam yang tinggi karena penyerapannya terjadi melalui dua teknik yaitu secara aktif dan secara pasif (Puspita, dkk., 2011). Menurut Muhammad (2011), penyerapan aktif dilakukan melalui metabolisme tanaman, sedangkan penyerapan pasif menggunakan gugus fungsional yang terdapat dalam jaringan tanaman. Penyerapan aktif bergantung pada anion dan kation yang terdapat pada tumbuhan. Eceng gondok akan menyimpan residu logam berat kedalam dinding sel dalam vakuola dan akan berikatan dengan senyawa organik lain. Struktur spons yang dimiliki eceng gondok juga mampu mengabsorpsi unsur-unsur pencemar lain dalam air limbah, pada akar eceng gondok mempunyai fitokelatin yang berguna untuk mengikat unsur logam dan membawanya ke dalam sel melalui proses transport aktif, zat pencemar atau logam berat tersebut juga akan terakumulasi pada bagian jaringan tumbuhan terutama pucuk daun (Puspita, dkk. 2011).

Kerusakan pada eceng gondok merupakan efek dari penumpukan residu logam krom yang diserap oleh tanaman eceng gondok. Logam kromium (Cr) merupakan unsur kimia berbahaya yang ditemukan dalam kondisi oksidasi antara

Cr (II) sampai Cr (VI), kromium bervalensi tiga dan enam memiliki kesamaan sifat. Kromium bervalensi tiga Cr (III) umumnya memiliki bentuk yang biasa dijumpai di alam, dan dalam material biologis logam kromium selalu berbentuk valensi tiga, sedangkan kromium valensi enam Cr (VI) merupakan salah satu material organik pengoksida tinggi. Kromium valensi tiga Cr (III) memiliki sifat racun yang rendah dibanding dengan valensi enam Cr (VI). Mobilitas kromium relatif rendah pada bahan makanan dan tumbuhan (Suhendrayatna, 2001). Menurut Kirkby dan Mengel (1987) dalam tanaman, krom (Cr) dapat berfungsi sebagai enzim kofaktor, tetapi akan mengakibatkan keracunan apabila jumlahnya berlebih.

Hasil analisis kandungan logam krom (Cr) dalam sampel limbah cair hasil penyamakan kulit menunjukkan bahwa air limbah industri penyamakan kulit di Pabrik Kulit Jati di desa Banjarejo kecamatan Ngariboyo kabupaten Magetan tercemar oleh limbah krom (Cr). Hal tersebut disebabkan oleh sampel limbah yang dianalisis menggunakan metode SSA menunjukkan hasil kandungan logam berat krom (Cr) total sebesar 52,772 ppm sehingga air limbah hasil industri tersebut berada diatas ambang batas normal yang telah ditetapkan WHO tahun 2019 yaitu sebesar 0,5 mg/l dan 0,05 mg/l. Menjaga kelestarian lingkungan supaya dapat dimanfaatkan secara optimal adalah upaya untuk mencegah terjadinya kerusakan, dijelaskan dalam Al-Qur'an surat Al-A'raf ayat 56 :

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِنَ الْمُحْسِنِينَ

Artinya: *“Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan).*

Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik”

Melarang manusia untuk melakukan perbuatan yang menyebabkan kerusakan di muka bumi dan segala yang membahayakan kelestariannya tertulis dalam tafsir Ibnu Katsir (Katsir, 2002). Apabila hal tersebut terjadi akan berdampak buruk bagi semua hamba-Nya yang hidup di bumi. Pencemaran dan kerusakan lingkungan akan terjadi apabila tidak bijak dalam mengolahnya. Senyawa organik dan anorganik yang masuk ke lingkungan perairan dalam jumlah banyak akan menimbulkan tanaman air yang tidak diinginkan tumbuh meluap seperti eceng gondok. Penelitian ini mengkaji kemampuan tanaman eceng gondok dalam merediasi logam krom (Cr). Eceng gondok yang sering kita anggap sebagai gulma tanpa kita sadari merupakan tanaman yang mampu menyerap atau meremediasi polutan baik limbah organik maupun anorganik. Pembersihan polutan menggunakan tanaman disebut juga fitoremediasi. Penurunan nilai logam krom (Cr) terbukti bahwa tanaman eceng gondok mampu meremediasi. Pernyataan tersebut menunjukkan bahwa Allah SWT menciptakan segala sesuatu yang ada di muka bumi ini tidak ada yang diciptakan sia-sia, sebagaimana firman Allah dalam surat Ali Imran ayat 190-191 :

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتَلَفِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ (١٩٠) الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقَعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا تُسَبِّحُكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ (١٩١)

Artinya: “Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal (190), (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya

berkata): "Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka (191)."

Ayat tersebut menjelaskan bahwa Allah menciptakan langit, bumi dan apa yang ada di antara keduanya dengan maksud dan tujuan yang mengandung hikmat. Sebuah teguran dan juga peringatan bagi manusia yang mau mempelajari, berfikir dan memanfaatkan disetiap ciptaan Allah sebaik mungkin (Ichwan, 2001). Menurut Dahlan (1997), tanpa kita sadari ketika mereka melakukan kajian atau kegiatan mengenai ciptaan Allah, mereka akan mendapatkan banyak manfaat baik dalam kehidupan dunia maupun akhirat.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan dalam penelitian ini adalah:

1. Tanaman eceng gondok memiliki potensi menjadi agen fitoremediasi logam berat krom (Cr) dari limbah cair dari penyamakan kulit. Eceng gondok menurunkan kadar krom paing tinggi pada hari ke-7 (menurunkan kadar krom sebesar 51,32%) dan mulai menurun di hari ke-14 (22,80%), hari ke-21 (11,25%) dan hari ke-28 (10,92%) dikarenakan eceng gondok mulai mengalami fitotoksisitas. Kadar logam krom total yang mampu diremediasi adalah sebesar 96,29%.
2. Eceng gondok yang terpapar limbah cair penyamakan kulit mengalami perubahan morfologi. Perubahan mulai terjadi pada hari ke-7 setelah tanam, daun eceng gondok mulai menguning, ujung daun ada yang menggulung dan beberapa tangkai sudah mulai berubah warna menjadi kecoklatan. Hari ke-14 setelah tanam daun berubah warna menjadi coklat dan layu, beberapa tangkai masih berwarna hijau dan ada yang berubah menjadi coklat. Hari ke-21 setelah tanam dan dan tangkai sudah berubah warna menjadi coklat dan ada beberapa bagian tangkai yang masih berwarna kuning, bagian akar juga sudah mulai berubah biru kehijauan. Hari ke-28 tanaman eceng gondok sudah berubah warna menjadi kecoklatan kehitaman dengan bintik-bintik hitam di tangkai dan daunnya, bagian akar berubah warna menjadi biru kehijauan dan mengalami kerontokan. Sedangkan untuk tanaman kontrol di masing-masing perlakuan tidak menunjukkan adanya perubahan morfologi.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian ini perlu dilakukannya analisis lebih lanjut terhadap mekanisme serta kemampuan penyerapan eceng gondok dalam meremediasi logam krom (Cr) dan logam-logam berat lainnya serta pengujian lebih lanjut terhadap baku mutu kualitas air seperti BOD (*Bio chemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), DO (*Dissolved Oxygen*), suhu serta pH (derajat keasaman). Perlu adanya penanggulangan lebih lanjut mengenai sisa tanaman yang mengandung logam berat krom agar tidak terbuang ke alam lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah. 2004. *Lubaabut Tafsir Min Ibnu Katsir. Jilid 3*. Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi'i.
- Agunbiade, F.O., OluOwolabi, B.I. and Adebowale, K.O. 2009. Phytoremediation Potential of *Eichhornia crassipes* in Metal Contaminated Coastal Water. *Bioresource Technology*, 100:4521-4526.
- Akinwande, V. O. 2013. Biomass Yield, Chemical Composition and The Feed Potential of Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*, Mart.Solms-Laubach) in Nigeria". *International Journal of AgriScience*, 3(8):659-666.
- Ali, I. & Gupta, V. K. 2006. Advances in Water Treatment by Adsorption Technology. *National London*, 1:2661-2667.
- Ali, I. 2010. The Quest for Active Carbon Adsorbent Substitutes: *Inexpensive Adsorbents for Toxic Metal Ions Removal from Wastewater. Sep. Purif. Rev*, 39:95-171.
- Ali, I. 2012. New Generation Adsorbents for Water Treatment. *Chemical Revenue*, 112:5073-5091.
- Al-Imam Abul Fida Isma'il Ibnu Katsir ad-Dimasyqi, *Terjemah Tafsir Ibnu Katsir Juz 3*, Bandung: Sinar Baru al-Gensindo, 2002.
- Al-Qur'anul Karim dan Terjemahannya versi Kemenag RI: <https://quran.kemenag.go.id/>. Diakses 12 Juli 2021.
- Amin, B., Afriyani Evy & Saputra, Mikel Adi. 2011. Distribusi Spasial Logam Pb dan Cu pada Sedimen dan Air Laut Permukaan di Perairan Tanjung Buton Kabupaten Siak Provinsi Riau. *Jurnal Teknobiologi*. 2(1):1-8.
- Anantharaj, K. C. 2012. Characteristics of Water Quality in the Palk Strait, Southeast Coast of India. *World Journal of Agricultural Sciences*, 8(5):50.
- Arasy, S. A. 2016. Penyisihan Konsentrasi Pb Menggunakan *Typha Latifolia* dengan Metode Sub-Surface Flow Constructed Wetland. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, 3(1):1-7.
- Ashraf. 2006. Levels Of Selected Heavy Metals in Tuna. *The Arabian Journal for Science and Engineering*, 31:31.
- Asmadi, A., Endro, S., & Oktawan, W. 2018. Pengurangan chrom (Cr) dalam limbah cair industri kulit pada proses tannery menggunakan senyawa alkali Ca (OH) 2, NaOH dan NaHCO3 (Studi Kasus PT. Trimulyo Kencana Mas Semarang). *Jurnal Air Indonesia*, 5(1).
- Azizah, N. 2016. Potensi Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) dalam Mereduksi Logam Berat Seng (Zn) dari Perairan Danau Tempe Kabupaten Wajo. *Skripsi*. Jurusan Biologi. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar. Makassar.
- Balai Besar Kulit Karet dan Plastik. 2009. *Pengamatan terhadap Mutu Fisik Kulit*. Yogyakarta.

- Bertani, R., Biasin, A., Canu, P., Della Zassa, M., Refosco, D., Simionato, F., & Zerlottin, M. 2016. Self-Heating Of Dried Industrial Tannery Wastewater Sludge Induced By Pyrophoric Iron Sulfides Formation. *Journal of Hazardous Materials*, 305:105-114.
- Bramandita, A. 2009. Pengendapan Kromium Heksavalen dengan Serbuk Besi. *Skripsi*. Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Briggs, D. 2003. Environmental Pollution And The Global Burden Disease. *British Medical Bulletin*, 68:1-24.
- Buyong, F., Mohamed, K., Darus, F. M., & Othman, Z. 2007. *The used of aquatic wetland plant phylidrum lanuginosum to remove lead from aqueous solution. Karachi Pakistan*, 71:5-12.
- Cefalu & Hu, F. 2004. Role Of Chromium in Human Health and in Diabetes. *Diabetes Care*, 27(11):101-104.
- Chaney RL, Brown SL, Li YM, Angle JS, Homer F, Green C. 1995. Potential use of metal hyperaccumulators. *Mining Environ Manag*, 3(3):9-11.
- Chaudary, I. M. 1998. *Phenolic and other constituent of fresh water Fern Salvinia molesta*. *Phytochemistry*, 69:1018-1023.
- Dahlan, A. R. 1997. *Kaidah-Kaidah Penafsiran Al-Qur'an*. Bandung: Mizan.
- Defew, L. H., M. M. James. & M. G. Hector. 2004. An Assesment of Metal Contamination in Mangrove Sedimentsband Leaves from Punta Mala Bay, Pacific Purnama. *Marine Pollution Bulletin*. 50 : 547-552.
- Dewi, Y. S. 2012. Efektivitas Jumlah Rumpun Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solm) dalam Pengendalian Limbah Cair Domestik. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 2 (13), 151-158.
- Dewi. N. K., Purwanto & Henna, R. S. 2010. *Biomarker pada Ikan Sebagai Biomonitoring Pencemaran Logam Berat Kadmium di Perairan Kaligarang Semarang. Laporan Penelitian Hibah Doktor*. Jakarta: Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan Nasional.
- Doumetta S, Lamperi L, Checchini L, Azzarello E, Mugnai S, Mancuso S. 2008. Heavy Metal Distribution between Contaminated Soil and Paulownia Tomentosa, in a Pilot-Scale Assisted Phytoremediation Study: Influence of Different Complexing Agents. *Chemosphere*.:72(2008):1481–1490.
- Doumetta, S., Lamperi, L., Checchini, L., Azzarello, E., Mugnai, S. & Mancuso, S. 2008. Heavy Metal Distribution between Contaminated Soil and Paulownia Tomentosa, in a Pilot-Scale Assisted Phytoremediation Study: *Influence of Different Complexing Agents. Chemosphere*, 72(2008):1481–1490.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Fahrudin. 2010. *Bioteknologi Lingkungan*. Bandung: Penerbit Alfabeta.

- Fatmawati, N. 2013. Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd). *Biogenesis Jurnal Ilmiah Biologi*, 1(1):74– 83.
- Fontes, R.L.F and Cox, F, R. 1995. *Effect of Sulfur Supply on Soybean Plants Exposed To Zink Toxicity*. *Journal of Plant Nutrition*, 18, 1893-1906.
- Gerbano, A. & Siregar, A. 2005. *Kerajinan Eceng Gondok*. Yogyakarta : Kanisius.
- Gratão, P.L., A. Polle, P.J. Lea & R.A Azevedo. 2005. Phytoremediation: green technology for the clean up of toxic metals in the environment. *Braz. J. Plant Physiol*, 17(1):53-64.
- Hamka. 1992. *Tafsir Al-Azhar Juz 21*. Jakarta : Pustaka Panjimas.
- Hardyanti, N. & Suparni S. R. 2007. Fitoremediasi Fospat dengan Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Studi Kasus pada Limbah Cair Industri Kecil Laundry. *Jurnal Presipitasi*, 2(1):28-33.
- Ichwan, N. M. 2001. *Memasuki Dunia Al-Qur'an*. Semarang: Lubuk Raya.
- Kris & Wariningsih. 2011. Pemanfaatan Enceng Gondok Untuk Memberikan Kualitas Air Sungai Gadjahwong Yogyakarta. *Jurnal Teknologi Technoscianta*, 4 (1):17-22.
- Lasat, M. M. 2002. Phytoextraction of toxic metals. *Journal of Environmental Quality*, 31(1), 109–120.
- Lasat, M. M. 2002. Phytoextraction of Toxic Metals: A review of Biological Mechanisms. *Journal Environmental Quality*, 31:109-120.
- Lestari, Sri, slamet Santoso dan Sulastri A. 2011. *Efektifitas Eceng Gondok (Eichornia crassipes) dalam Penyerapan Kadmium (Cd) pada Leachete TPA Gunung Tugel*. *Jurnal Molekul*, 6(1).
- Main, B. Y. 1996. Microcosmic biogeography: trapdoor spiders in a time warpat Durokoppin. *Gondwanan Heritage. Past, Present and Future of the Western Australian Biota*. Surrey Beatty and Sons: Chipping Norton, :163–167.
- Mariato. 2001. *Tanaman Air*. Yogyakarta : Agromedia Pustaka.
- Mengel, K., and Kirkby, E. A.. 1987. *Principles of plant nutrition*. 4th edition. Internatoinal Potash Institute, Bern/Switzerland.
- Mohammad, erni. 2011. *Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd) pada Tanah dengan Menggunakan Bayam Dari Duri (Amarantus spinosus L)*. Kimia-Fakultas Matetatika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Gorontalo.
- Mukti, Ahmad Muhtar, 2008, *Tugas Akhir: PenggunaanTanaman Enceng Gondok (Eichornia crassipes) Sebagai Pre-Treatment Pengolahan Air Minum pada Air Selokan Mataram*. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Neneng, N. 2015. *Mudharabah dalam Teori Dan Praktik*. Bandung: PT Refika Aditama.

- Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Pencemaran Logam Berat*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Palar, Heryando. 2008. *Heavy metal pollution and toxicology*. Bandung: Rineka Cipta.
- Palar, Heryando. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Palar, Heryando. 1994. *Pencemaran dan toksikologi logam berat*. Jakarta: Rineka Cipta, 148.
- Panda & Choudhury. 2005. Chromium Stress In Plants. *Brazilian Journal Of Plant Physiology*, 17(1), 95-102.
- Pandey, B.P. 1980. *Plant Anatomy*. New Delhi: S Chard and Co. Ltd
- Puspita, U. R. 2013. Kemampuan Tumbuhan Air sebagai Agen Fitoremediator Logam Berat Krom (Cr) yang Terdapat pada Limbah Cair Industri Batik. *Journal Of Chemical Information And Modeling*, 39(9):1689–1699.
- Puspita, U. R., Siregar, A. S., & Hidayati, N. V. 2011. Kemampuan tumbuhan air sebagai agen fitoremediator logam berat kromium (Cr) yang terdapat pada limbah cair industri batik. *Berkala Perikanan Terubuk*, 39(1).
- Puspita, UR, A. S. Siregar dan N. V. Hidayanti. 2011. *Kemampuan Tumbuhan Air sebagai Agen Fitoremediator Logam Berat Kromium (Cr) yang terdapat pada Limbah Cair Industri Batik*. *Jurnal Penelitian Berkala Perikanan Terubuk*, 39(1).
- Putranto, T. T. 2011. Pencemaran Logam Berat Merkuri (Hg) pada Airtanah. *Teknik*, 32(1), 62–71.
- Qipra Galang Kualita. 2007. *Panduan Pelingkupan dalam AMDAL*. *Deputi Bidang Tata Lingkungan*. Jakarta: Kementerian Negara Lingkungan Hidup RI.
- Rahmaningsih, Hanni Daylistio., 2006. *Kajian Penggunaan Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) Pada Penurunan Senyawa Nitrogen Efluen Pengolahan Limbah Cair PT. Capsugel Indonesia*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Rakhmania, C. D., Khaeronnisa, I., Ismuyanto, B., Julinananda. & Himma, N. F. 2017. Adsorpsi Ion Kalsium Menggunakan Biomassa Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Diregenerasi HCl. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan*. 1(1):16-24.
- Raskin, I. & Ensley, B. D. 2000. *Phytoremediation of toxic metals: using plants to clean up the environment*. New York : John Wiley.
- Reffiane, F., Arifin, M. N., & Santoso, B. 2011. Dampak kandungan timbal (Pb) dalam udara terhadap kecerdasan anak sekolah dasar. *Malih Peddas (Majalah Ilmiah Pendidikan Dasar)*, 1(2).
- Rezania, S., Ponraj, M., Talaiekhozani, A., Mohammad, A. E., Din, M. F. M., Taib, A. M., Sabbagh, F. & Sairan, F. M. 2015. Perspectives of Phytoremediation using Water Hyacinth for Removal of Heavy Metals,

- Organic and Inorganic Pollutants in Wastewater. *Journal of Environmental Management*, 163:125-133.
- Rukmi, D. P., Ellyke. & Rahayu, S. P. 2013. Efektivitas Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) dalam Menurunkan Kadar Detergen, BOD, dan COD pada Air Limbah Laundry. *Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa 2013*, 2.
- Salisbury, FB & CW. Ross. *Fisiologi Tanaman*. Universitas Gadjadara Press. Yogyakarta, 1995.
- Salmin. 2005. Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) sebagai Salah Satu Indikator untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Oseana*. 4(3):21-26.
- Setiyono & Yudo, Satmoko. 2014. *DAUR ULANG AIR LIMBAH INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT "Studi Kasus di Lingkungan Industri Kulit, Magetan, Jawa Timur"*. Jakarta Pusat: BPPT Press.
- Setyowati, M., Hidayatun, N., Sutoro. & Kurniawan. 2014. Evaluasi Karakter Morfofisiologis Sumber Daya Genetik Padi Berumur Genjah. *Planta Tropika Journal of Agro Science*, 2(2).
- Siagan, C. 2009. Keanekaragaman dan Kemelimpahan Ikan serta Keterkaitannya dengan Kualitas Perairan di Danau Toba Balige Sumatera Utara. *Tesis*. Pascasarjana Program Studi Biologi. Universitas Sumatera Utara Medan. Medan.
- Siswoyo, E. 2006. *Fitoremediasi Logam Berat Khrom (Cr) Menggunakan Tanaman Kiapu (Pistia stratiotes)*. *Jurnal Teknik Lingkungan Edisi Khusus* 1:291-300.
- Slamet, Arbiyanti R. & Daryanto. 2005. Pengolahan limbah organik (fenol) dan logam berat (Cr⁶⁺ atau Pt⁴⁺) secara simultan dengan fotokatalis TiO₂, ZnO-TiO₂, dan CdS-TiO₂. *Jurnal Makara*, 9(2):66-71.
- Sriyana, H. Y. 2007. Kemampuan Eceng Gondok dalam Menurunkan Kadar Cr (IV) dalam Limbah dengan Sistem Air Menggenang dan Air Mengalir. *Ekuilibrum*, 6(3):43-46.
- Suhendrayatna. 2001. *Bioremoval Logam Berat Dengan Menggunakan Mikroorganisme*. Yogyakarta : Agromedia Pustaka.
- Surtikanti, H. 2011. *Toksikologi Lingkungan dan Metode Uji Hayati*. Bandung: Rizky Press.
- Syafi'i, I. A. 2007. Fitoremediasi Logam Khrom (Cr) pada Limbah Penyamakan Kulit dengan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia crassipes* (Mart.) Solms. Skripsi. Jurusan Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Szczygłowska, M., Piekarska, A., Konieczka, P. & Namieśnik, J. 2011. Use Of Brassica Plants In The Phytoremediation And Biofumigation Processes. *International Journal of Molecular Sciences*, 12(11):7760-7771.

- Tabrez, A. Khan., Momina, Nazir., Imran, Ali. & Ajeet, Kumar. 2013. Removal of Chromium (VI) from Aqueous Solution using Guar Gum–Nano Zinc Oxide Biocomposite Adsorbent. *Journal of Chemistry*, 10:2388–2398.
- Terry, N. & Banuelos, G. S. 2000. *Phytoremediation of Contaminated Soil and Water*. Boca Rotan: Lewis Publisher.
- Tjitrosoepomo. 2007. *Taksonomi Tumbuhan*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Ulfah J. Siregar dan Chairil A. Siregar. 2010. *Fitoremediasi: Prinsip dan Prakteknya Dalam Restorasi Lahan Paska Tambang di Indonesia, Southeast Asian Regional Center for Tropical Biology*. Bogor, Indonesia.
- Undang-Undang Republik Indonesia No.32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Upit, R. P., Asrul, S. S. & Nuning, V. H. 2011. Kemampuan tumbuhan air sebagai agen fitoremediator logam berat kromiun (Cr) yang terdapat pada limbah cair industri batik. *Berkala Perikanan Terubuk*, 39(1):58–64.
- Wardhana, W. A. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Warlina, Lina. 2004. *Pencemaran Air. Sumber Dampak Dan Penanggulangannya*. Bogor: Institut Pertanian Bogor Pengantar Falsafah Sains.
- Widyaningsih, T.S. 2007. Penyerapan Logam Cr dan Cu_{2+} Dengan Eceng Gondok Pada Sistem Air Mengalir. *Tesis*. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Yola, D. P., Holis, A. H. & Ida, M. 2014. Pemanfaatan Tanaman Eceng-Ecengan (Ponteridaceae) sebagai Agen Fitoremediasi dalam Pengolahan Limbah Krom Industri Penyamakan Kulit. *IJPST*, 1(1):20-25.
- Yuliana, Meta, Tengku, S. & Andi Zulfikar. 2013. Efektivitas dan Efisiensi Fitoremediasi Orthofosfat pada Detergen dengan Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*). *Journal Marine Science and Fisheries Maritim Raja Ali Haji of University*, 1:1-6
- Yuliani, D. 2009. *Penentuan Kadar Logam Mangan (Mn) dan Kromium (Cr) dalam Air Minum Hasil Penyaringan Yamaha Water Purifier dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom*. Skripsi. Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatra Utara Medan.
- Yusuf, G. 2008. Bioremediasi Limbah Rumah Tangga dengan Sistem Simulasi Tanaman Air. *Jurnal Bumi Lestari*, 8(2):136-144.

Lampiran 1. Perhitungan

L.1. Pembuatan Larutan Logam Cr

L.1.1 Pembuatan Larutan Stok

Pembuatan larutan standar 10 ppm dari larutan stok 1000 ppm

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

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 10 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

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

Jadi larutan standar 10 ppm dibuat dari 1 mL larutan stok 1000 ppm yang diencerkan dengan aquabidest dalam labu ukur 100 mL.

L.2 Larutan Standar 2,4,6,8 dan 10 ppm dari Larutan Stok 100 ppm

L.2.1 Larutan Standar 2 ppm

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

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

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

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

Jadi larutan standar 2 ppm dibuat dari 10 mL larutan 10 ppm yang diencerkan dengan aquabidest dalam labu ukur 50 mL.

L.2.2 Larutan Standar 4 ppm

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

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

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

$$V_1 = 20 \text{ mL}$$

Jadi larutan standar 4 ppm dibuat dari 20 mL larutan 10 ppm yang diencerkan dengan aquabidest dalam labu ukur 50 mL.

L.2.3 Larutan Standar 6 ppm

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

$$10 \text{ ppm} \times V_1 = 6 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{50 \text{ mL}}{10 \text{ ppm}} \times 6 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 30 \text{ mL}$$

Jadi larutan standar 6 ppm dibuat dari 30 mL larutan 10 ppm yang diencerkan dengan aquabidest dalam labu ukur 50 mL.

L.2.4 Larutan Standar 8 ppm

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

$$10 \text{ ppm} \times V_1 = 8 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{50 \text{ mL}}{10 \text{ ppm}} \times 8 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 40 \text{ mL}$$

Jadi larutan standar 8 ppm dibuat dari 40 mL larutan 10 ppm yang diencerkan dengan aquabidest dalam labu ukur 50 mL.

L.2.5 Larutan Standar 10 ppm

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

$$10 \text{ ppm} \times V_1 = 10 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

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

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

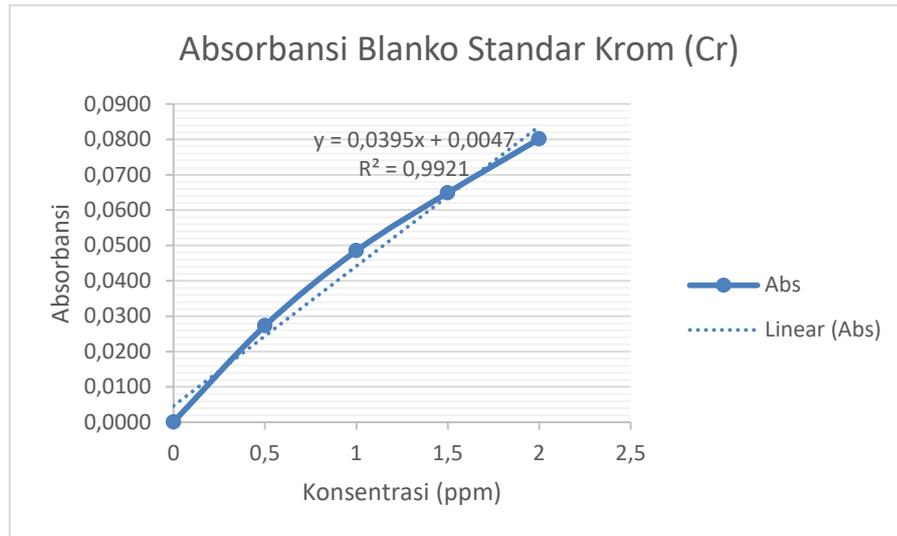
Jadi larutan standar 10 ppm dibuat dari 50 mL larutan 10 ppm yang diencerkan dengan aquabidest dalam labu ukur 50 mL.

L.3 Kurva Standar Kromium (Cr)

Kurva standar merupakan kurva yang digunakan untuk mengetahui konsentrasi logam kromium dengan cara membuat hubungan antara konsentrasi dengan nilai absorbansi. Kurva standar dibuat berdasarkan hukum Lambert-Beer, yaitu $A = a.b.c$. Absorbansi (A) merupakan absorbansi, nilai a adalah Absorptivitas (g/L), b adalah tebal nyala (nm) dan c merupakan konsentrasi (ppm). Berdasarkan ditunjukkan pada Gambar 4.3 bahwa dapat diketahui semakin besar konsentrasi larutan kromium maka semakin besar pula nilai absorbansinya. Kurva yang terbentuk merupakan garis lurus perbandingan antara konsentrasi larutan kromium (sumbu x) dan absorbansinya (sumbu y). Serta nilai koefisien korelasi (R^2) yang dihasilkan adalah sebesar 0,9998. Nilai tersebut memiliki akurasi dalam pembuatan larutan standar yang semakin baik jika mendekati angka 1.

Tabel L.3.1 Hasil pengukuran kurva standar larutan kromium menggunakan AAS

Konsentrasi dibuat (mg/L)	Absorbansi
0	0,0001
0,5	0,0273
1	0,0485
1,5	0,0649
2	0,0801



Gambar L.3.1. Kurva Standar Larutan Kromium

Lampiran Dokumentasi



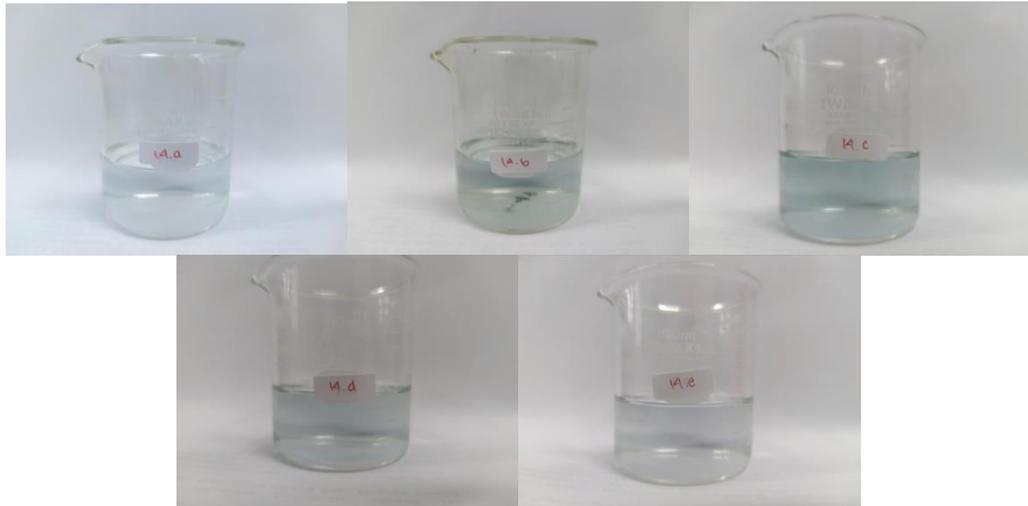
Gambar. Pemaparan sampel dengan air limbah



Gambar. Destruksi sampel air H7



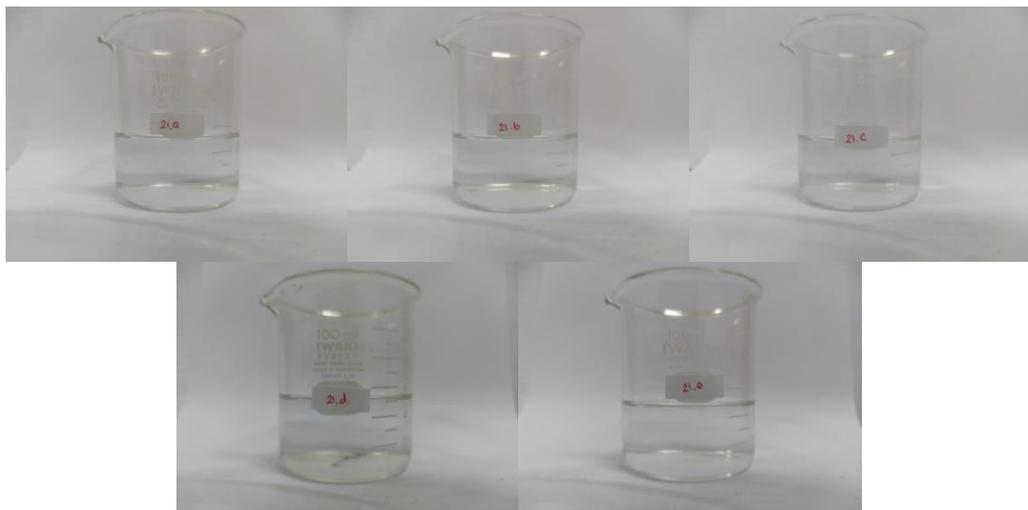
Gambar. Hasil destruksi sampel air H7



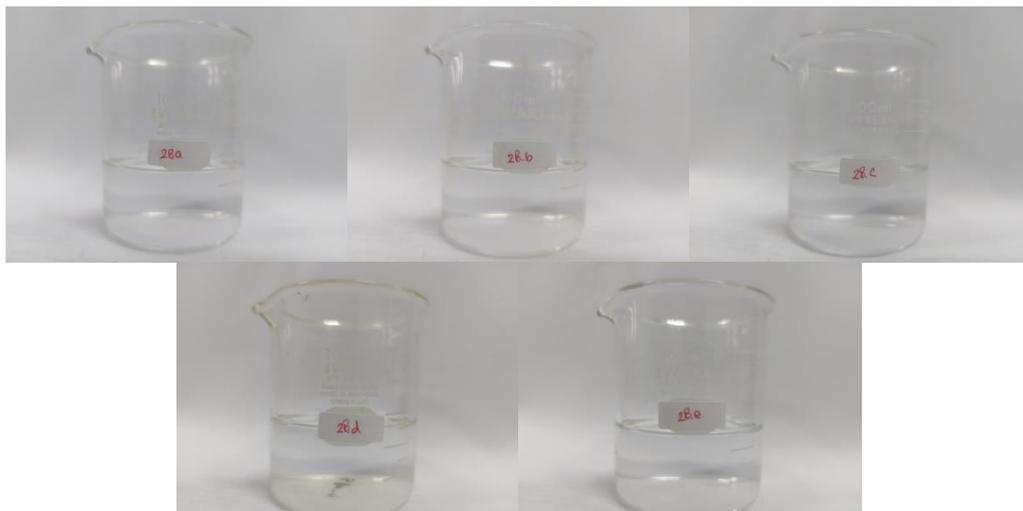
Gambar. Hasil destruksi sampel air H14



Gambar. Destruksi sampel H21



Gambar. Hasil destruksi sampel air H21



Gambar. Hasil destruksi sampel air H28



Gambar. Proses SSA



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN BIOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp./ Faks. (0341) 558933
Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: biologi@uin-malang.ac.id

KARTU KONSULTASI AGAMA SKRIPSI

Nama : Ahmad Sidiq Ansori
NIM : 15620025
Program Studi : Biologi
Semester : Ganjil T.A 2022
Pembimbing : Oky Bagas Prasetyo, M.Pd
Judul Skripsi : Uji Potensi Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* Solm.) sebagai Fitoremediator Logam Berat Kromium (Cr) pada Limbah Cair dari Pabrik Kulit di Magetan Jawa Timur

NO.	TANGGAL	URAIAN KONSULTASI	TTD PEMBIMBING
1.	04 Januari 2022	Konsultasi integrasi ayat BAB I	
2.	30 Mei 2022	Konsultasi integrasi ayat BAB IV	
3.	13 Juni 2022	ACC integrasi BAB I, II, III, dan IV	

Pembimbing Skripsi,

Oky Bagas Prasetyo, M.Pd
NIP. 19890113 20180201 1 244



Malang, 20 Mei 2022

Ketua Program Studi,

Dita Endang Sandi Savitri, M.P
NIP. 19790741018 200312 2 002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

JURUSAN BIOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp./ Faks. (0341) 558933
Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: biologi@uin-malang.ac.id

KARTU KONSULTASI BIOLOGI SKRIPSI

Nama : Ahmad Sidiq Ansori
NIM : 15620025
Program Studi : Biologi
Semester : Genap T.A 2022
Pembimbing : Didik Wahyudi, M.Si
Judul Skripsi : Uji Potensi Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* Solm.) sebagai Fitoremediator Logam Berat Kromium (Cr) pada Limbah Cair dari Pabrik Kulit di Magetan Jawa Timur

NO.	TANGGAL	URAIAN KONSULTASI	TTD PEMBIMBING
1.	18 September 2021	Konsultasi BAB I	
2.	15 Nopember 2021	Konsultasi BAB I	
3.	21 Desember 2021	Konsultasi BAB II	
4.	04 Januari 2022	Konsultasi BAB III	
5.	30 Mei 2022	Konsultasi BAB IV	
6.	6 Juni 2022	Konsultasi BAB IV dan V	
7.	13 Juni 2022	ACC Skripsi	

Malang, 20 Mei 2022

Pembimbing Skripsi,

Didik Wahyudi, M.Si
NIP. 19860102 201801 1 001



Petua Program Studi,

Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002

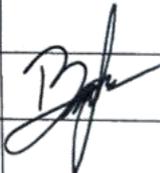


KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN BIOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp./ Faks. (0341) 558933
Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: biologi@uin-malang.ac.id

Form Checklist Plagiasi

Nama : Ahmad Sidiq Ansori
NIM : 15620025
Judul Skripsi : Uji Potensi Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* Solm.) sebagai Fitoremediator Logam Berat Kromium (Cr) pada Limbah Cair dari Pabrik Kulit di Magetan Jawa Timur

No.	Tim Check plagiasi	Skor Plagiasi	Tanggal	TTD
1.	Azizatur Rohmah, M.Sc			
2.	Berry Fakhry Hanifa, M.Sc			
3.	Bayu Agung Prahardika, M.Si	24%	13 Juni 2022	
4.	Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc			



SpectrAA Report

10:59 AM 3/25/2022

Page 1 of 1

LABORATORIUM INSTRUMEN
JURUSAN KIMIA
UIN MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG

Analyst moh. taufiq
Date Started 2:34 PM 3/21/2022
Worksheet Ahmad sidq Cr
Comment 1
Methods Cr
Computer name KIMA-C4F298F75
Serial Number: EL07103453

Method: Cr (Flame)

Sample ID	Conc mg/L	Mean Abs
CAL ZERO	0.000	0.0001
STANDARD 1	0.500	0.0273
STANDARD 2	1.000	0.0485
STANDARD 3	1.500	0.0649
STANDARD 4	2.000	0.0801

Curve Fit = Linear
Characteristic Conc = -0.007 mg/L
r = 0.9921
Calculated Conc = -0.116 0.573 1.110 1.525 1.908
Residuals = 0.116 -0.073 -0.110 -0.025 0.092

Abs = 0.03950 x C + 0.00463

limbah
limbah Fp25x

OVER 2.0862
OVER 0.3226

Atomic Absorption Spectrometer-AA240 Varian



LABORATORIUM LINGKUNGAN
 Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp.(0341) 551971, Fax. (0341) 551976
 Desa Lengkong Kec. Mojoanyar - Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860
 E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id



SERTIFIKAT CERTIFICATE

Nomor : 12798 S/LL MLG/VI/2022

IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama : **Ahmad Sidiq Ansori**
 Name
 Alamat : **Jl. Joyo Suryo, Merjosari - Lowokwaru**
 Address



IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji : **EXT 350/PC/V/2022/364**
 Sample Code
 Jenis Contoh Uji : **Air Limbah**
 Type of Sample
 Lokasi Pengambilan Contoh Uji : **Terlampir**
 Sampling Location
 Petugas Pengambil Contoh Uji : **-**
 Sampling Done By
 Tgl/ Jam Pengambilan Contoh Uji : **27-05-2022 / 09:00 WIB**
 Date/ Time of Sampling
 Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji : **27-05-2022 / 15:01 WIB**
 Date/ Time of Sample Received
 Kondisi Contoh Uji : **Belum dilakukan pengawetan**
 Sample of Condition(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

Terlampir
 Enclosed

Diterbitkan Di/ Tanggal:
 Place / Date and Issue

Malang, 13 Juni 2022

Laboratorium Lingkungan
 Perum Jasa Tirta I



Deputi Manajer Teknis Laboratorium
 Lingkungan

Pengambilan contoh uji dilakukan oleh Ahmad Sidiq
 Ansori pada tanggal 27 Mei 2022

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
 Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
 Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
 Halaman pertama pada sertifikat atau laporan ini merupakan bagian yang tak terpisah dari lembar halaman yang lainnya
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from
 Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
 First page at this certificate or report is can't separately from all pages