

POTENSI KIAPU (*Pistia stratiotes*) SEBAGAI AGEN FITOREMEDIASI LIMBAH INDUSTRI PABRIK KULIT

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Pendidikan Biologi



Oleh :

Suci Amelia

18543007

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS ILMU TERAPAN DAN SAINS
INSTITUT PENDIDIKAN INDONESIA
2022**

ABSTRAK

Penelitian ini berjudul “Potensi Kiapu (*Pistia stratiotes*) sebagai Agen Fitoremediasi Limbah Industri Pabrik Kulit”, bertujuan untuk mengetahui potensi tumbuhan kiapu sebagai agen fitoremediasi air limbah pabrik kulit. Industri pabrik kulit merupakan salah satu industri yang menghasilkan air limbah dengan kandungan kromium yang dapat memengaruhi kondisi ekosistem perairan, oleh karena itu perlu penanganan salah satunya melalui fitoremediasi tumbuhan kiapu. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan desain penelitian rancangan acak lengkap (RAL) dengan perlakuan kontrol (tanpa tumbuhan), 50 gram tumbuhan kiapu/5L air limbah, 75 gram tumbuhan kiapu/5L air limbah dan 100 gram tumbuhan kiapu/5L air limbah untuk menurunkan kadar kromium yang terkandung di air limbah tersebut. Sampel keseluruhan pada penelitian ini yaitu tumbuhan kiapu yang berjumlah 1.350 gram, waktu dan tempat penelitiannya di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Jalan Bratayudha Kecamatan Garut Kota pada tanggal 15 Januari sampai 31 Maret 2022. Pengujian kadar Kromium menggunakan alat Spektrofotometer UV-Vis diperoleh hasil penelitian dengan perlakuan tanpa tumbuhan kiapu (kontrol) sebesar 0,078 g/L, pada perlakuan 50 gram tumbuhan kiapu sebesar 0,018 g/L, pada perlakuan 75 gram tumbuhan kiapu sebesar 0,014 g/L dan pada 100 gram tumbuhan kiapu sebesar 0,009 g/L. Dari hasil penelitian yang paling efektif yaitu perlakuan 100 gram tumbuhan kiapu sebesar 0,009 g/L. Berdasarkan hasil analisis statistika menggunakan Uji Kruskal-Wallis dapat disimpulkan bahwa tumbuhan kiapu berpotensi sebagai agen fitoremediasi air limbah pabrik kulit.

Kata kunci : Fitoremediasi, Kiapu (Pistia stratiotes), Air Limbah Pabrik kulit, Kromium

ABSTRACT

This study title is "The Potential of Kiapu (*Pistia stratiotes*) as a Phytoremediation Agent for Leather Factory Industrial Waste", aims to determine the influence of kiapu plants as phytoremediation agents on skin factory wastewater. The leather factory industry is one of the industries that produces wastewater with chromium content that can affect the condition of the aquatic ecosystem, therefore it needs to be handled, one of which is through phytoremediation of kiapu plants. This study used an experimental method and a complete randomized research design (RAL) with control treatment (without plants), 50 grams of kiapu plants / 5L of wastewater, 75 grams of kiapu plants / 5L of wastewater and 100 grams of kiapu plants / 5L of wastewater to reduce the level of chromium contained in the wastewater. The overall sample in this study was kiapu plants totaling 1,350 grams, the time and place of their research at the Wastewater Treatment Plant (WWTP) Bratayudha Street, Garut Kota District from January 15 to March 31, 2022. Testing chromium levels using a UV-Vis Spectrophotometer tool obtained the results of the study with a treatment without kiapu plants (control) of 0.078 g / L, in the treatment of 50 grams of kiapu plants of 0.018 g / L, in the treatment of 75 grams of kiapu plants of 0.014 g / L and on 100 grams of kiapu plants of 0.009 g / L. From the results of the most effective study, namely the treatment of 100 grams of kiapu plants of 0.009 g / L. Based on the results of statistical analysis using the Kruskal-Wallis Test, it can be concluded that there is an influence of kiapu plants as phytoremediation agents on skin factory wastewater.

Keywords : Phytoremediation, Kiapu (Pistia stratiotes), Wastewater Leather Factory, Chromium

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Puji syukur kepada Allah SWT atas berkah dan kuasa-Nya yang telah penulis terima selama melaksanakan skripsi ini yang berjudul **“POTENSI TANAMAN KIAPU SEBAGAI AGEN FITOREMEDIASI LIMBAH INDUSTRI PABRIK KULIT”** tepat pada waktunya. Penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagian syarat menyelesaikan gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Biologi di Institut Pendidikan Indonesia. Serta dengan kerendahan hati penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Nizar Alam Hamdani M.M., M.T., M.Si., selaku Rektor Institut Pendidikan Indonesia Garut yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk menuntut ilmu di IPI Garut.
2. Ibu Dr. Lida Amalia, M.Si selaku Dekan Fakultas Ilmu Terapan dan Sains sekaligus selaku pemimbing 1 yang senantiasa memberi arahan dan dukungan dalam penyusunan skripsi ini.
3. Ibu Leni Sri Mulyani, M.Pd selaku Ketua Program Studi Pendidikan Biologi yang senantiasa memberi dukungan dalam penyusunan skripsi ini
4. Bapak Chevi Ardiana, M.Pkim selaku pembimbing 2 yang telah sabar dalam memberikan arahan, bimbingan, dan motivasi hingga akhir penulisan ini.
5. Ibu Sri Wahjuningsih, M.Si sebagai Dosen Wali Kelas A yang telah memberi motivasi dan dukungan dalam penyusunan skripsi ini
6. Pengelola Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL) Jalan Bratayudha Kecamatan Garut Kota yang telah bekerja sama serta memberikan arahan dan dukungan kepada penulis.
7. Orang tua tercinta, Bapak Ahyar dan Ibu Dewi Laela Sari yang dengan penuh kasih sayang senantiasa memberi dukungan, motivasi dan dorongan baik moril maupun materil kepada penulis dalam menyusun skripsi ini dengan sebaik-baiknya. Penghargaan dan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada Ibunda yang telah mencurahkan segenap cinta dan kasih sayang serta dukungan moril dan material. Semoga Allah. SWT selalu melimpahkan

Rahmat, kesehatan, karunia serta dengan kerendahan hati keberkahan didunia atas semua yang telah diberikan kepada penulis.

8. Sepupu tercinta yang selalu memberi motivasi kepada penulis dalam menyusun skripsi ini.
9. Sahabat terbaik Roprop, Ghea, Devina, Hilma, Alfath, Neng Ayu, Lilis dan Dede Syarifah yang memberi motivasi kepada penulis dalam menyusun skripsi ini.
10. Adik tingkat LDK At-Tarbiyyah IPI Astrid, Sheika. Aryani, Winda dan Hanif yang memberi motivasi kepada penulis dalam menyusun skripsi ini.
11. Hilma, Alfath, Lilis, Hamdan dan Edi yang sudah memberikan tempat untuk pengambilan sampel tumbuhan kiapu.
12. Teman-teman Octopus yang selalu memberikan semangat dan memberi keunikan tersendiri di setiap waktunya selama 4 tahun bergelut di dunia pendidikan tinggi.

Mengingat keterbatasan waktu, pengetahuan, dan pengalaman maka penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan baik dalam sistematika dan bahasa penulisan. Oleh karena itu, penulis memohon kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk menyempurnakan penulisan di masa yang akan datang.

Garut, Juni 2022

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	iv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Batasan Masalah.....	2
D. Tujuan Penelitian.....	3
E. Manfaat Penelitian.....	3
F. Asumsi Penelitian.....	4
G. Hipotesis Penelitian.....	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
A. Tanaman Kiapu	5
B. Fitoremediasi	6
C. Kromium.....	12
BAB III METODE PENELITIAN	17
A. Definisi Operasional.....	17
B. Metode Penelitian.....	17
C. Populasi dan Sampel.....	14
D. Waktu dan Tempat Penelitian.....	14
E. Alat dan Bahan Penelitian.....	15
F. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data.....	16
1. Pengumpulan Data.....	16
2. Analisis Data.....	16
G. Tahap Penelitian.....	17

1. Tahap Persiapan.....	22
2. Tahap Penelitian.....	17
3. Tahap Pengamatan.....	18
4. Cara Pengukuran Kadar Kromium.....	18
H. Alur Penelitian.....	19
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	20
A. Hasil Penelitian.....	20
1. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum.....	20
2. Pembuatan Kurva Kalibrasi Larutan Standar.....	20
3. Penentuan Kadar Kromium dalam Sampel Limbah Pabrik Kulit Menggunakan Spektrometer UV-Vis.....	22
B. Pembahasan.....	26
1. Hasil Penentuan Panjang Gelombang.....	26
2. Hasil Kurva Kalibrasi Standar.....	27
3. Hasil Penentuan Kadar Kromium.....	27
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	32
A. Kesimpulan.....	32
B. Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA.....	33
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	36

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Alat yang digunakan	15
Tabel 3.2 Bahan yang digunakan	16
Tabel 4.1 Absorbansi Larutan Standar Kromium	20
Tabel 4.2 Hasil Absorbansi Sampel Sebelum Perlakuan Kiapu	22
Tabel 4.3 Hasil Absorbansi Sampel Sesudah Perlakuan Kiapu	23
Tabel 4.4 Perolehan Kadar Kromium dalam Sampel Sesudah Perlakuan Tumbuhan Kiapu.....	23
Tabel 4.5 Hasil Uji Normalitas (Shapiro Wilk) Kadar Kromium dalam Sampel	24
Tabel 4.6 Uji Homogenitas kadar kromium dalam sampel.....	25
Tabel 4.7 Hasil Uji Kruskal Wallis kadar kromium dalam sampel	25

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tumbuhan Kiapu (<i>Pistia stratiotes</i>).....	6
Gambar 2.2 Fitoekstraksi	8
Gambar 2. 3 Rizofiltrasi	9
Gambar 2. 4 Fitovolatilisasi	10
Gambar 2.5 Rhizodegradasi	11
Gambar 3.1 Bagan Alur Penelitian	15
Gambar 4.1 Kurva Larutan Standar	21

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Alat dan Bahan Penelitian	36
Lampiran B. Data Hasil Penelitian	41
Lampiran C. Dokumentasi Penelitian	66
Lampiran D. RPP dan Silabus	70

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Industri kulit merupakan industri yang mengolah berbagai macam kulit mentah, kulit setengah jadi (kulit piket, kulit wetblue, kulit kras) menjadi kulit jadi (Waskito, 1998 dalam Immawan., 2018). Industri penyamakan kulit dapat dimasukkan dalam industri kimia, karena 90% dari proses penyamakan menyangkut dan/atau mempergunakan bahan-bahan kimia sehingga usaha ini akan menghasilkan limbah cair yang mengandung berbagai polutan organik dari bahan baku dan polutan kimia dari bahan pembantu proses. Di samping itu juga dihasilkan limbah padat dari hasil pembersihan daging, bulu dan gumpalan lemak. Limbah padat juga banyak mengandung kapur, garam dan bahan kimia pembantu dalam proses penyamakan (Balai Penelitian Kulit-Depperin Yogyakarta, 1980 dalam Immawan., 2018).

Kondisi ini menimbulkan efek besar dalam kehidupan penduduk sekitar. Penduduk mengeluhkan akan pencemaran yang mengganggu kualitas lingkungan tempat mereka hidup, diantaranya adalah pencemaran udara yang sangat menyengat dan mengganggu pernafasan. Pencemaran air sungai terjadi akibat limbah industri yang tidak terkelola baik oleh industri penyamakan kulit. Seperti terjadi pada penduduk Kelurahan Sukaregang, Kecamatan Garut Kota. Namun di sisi lain mereka mengandalkan industri sebagai sumber pencaharian, walaupun menjadi sumber pencemaran tanah dan air yang menurunkan kualitas lingkungan hidup mereka. Oleh karena itu seharusnya limbah yang dihasilkan diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke sungai (Sukoco dan Muhyi, 2015).

Pengolahan limbah industri pabrik kulit yang mengandung bahan kimia berbahaya seperti kromium dapat dilakukan dengan menggunakan metode pengolahan secara biologi. Salah satu teknik pengolahannya adalah teknik fitoremediasi dengan memanfaatkan tumbuhan untuk menyerap bahan pencemar, seperti logam berat kromium (Cr). Kemampuan tumbuhan ini banyak digunakan untuk mengolah air buangan, karena tumbuhan ini mampu mengolah air buangan dengan tingkat efisiensi yang tinggi (Mukti, 2008 dalam Morin dan Santi., 2020).

Salah satu jenis tumbuhan air yang berpotensi dalam pengolahan air limbah adalah *Pistia stratiotes*. Beberapa penelitian sebelumnya telah menggunakan tumbuhan air untuk mengolah limbah industri pelapisan kromium (Cr). Biomassa *Pistia stratiotes* 150 gram/10 L air limbah dengan waktu pemaparan 9 hari memberikan hasil yang terbaik bagi *Pistia stratiotes* sebagai fitoremediator limbah cair industri pelapisan kromium (Cr) (Liani, 2004 dalam Puspita dkk., 2011).

Berdasarkan uraian tersebut, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul **“Potensi Kiapu (*Pistia stratiotes*) Sebagai Agen Fitoremediasi Limbah Industri Pabrik Kulit”**.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian , yaitu **“Bagaimana Potensi Tumbuhan Kiapu (*Pistia stratiotes*) sebagai Agen Fitoremediasi Limbah Industri Pabrik Kulit?”**. Berdasarkan rumusan masalah tersebut dapat disusun beberapa pertanyaan penelitian :

1. Berapa konsentrasi kromium (Cr) pada limbah pabrik kulit sebelum menggunakan tumbuhan kiapu (*Pistia stratiotes*) sebagai agen fitoremediasi?
2. Berapa konsentrasi kromium (Cr) pada limbah pabrik kulit sesudah menggunakan tumbuhan kiapu (*Pistia stratiotes*) sebagai agen fitoremediasi?
3. Berapakah berat tumbuhan kiapu (*Pistia stratiotes*) yang paling efektif dalam menurunkan kadar kromium (Cr) pada limbah pabrik kulit.

C. Batasan Masalah

Mengingat keterbatasan penulis dalam melakukan penelitian ini, baik dalam hal kemampuan waktu maupun biaya, maka penulis membatasi penelitian ini agar lebih terarah dan tidak terlepas dari permasalahan. Adapun permasalahan yang akan dibatasi :

1. Limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah air limbah pabrik kulit yang ada di wilayah IPAL (Instalasi Pengelolaan Air Limbah) Kecamatan Garut Kota.

2. Perlakuan tumbuhan kiapu (*Pistia stratiotes*) yang digunakan yaitu 0 gram/5L, 50 gram/5L, 75 gram/5L, dan 100 gram/5L air limbah..
3. Pengambilan data dilakukan pada hari ke-1 dan hari ke-9
4. Parameter limbah yang diukur yaitu kadar kromium (Cr) dalam ppm, dengan menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis.

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan penelitian adalah untuk mengetahui :

1. Kadar kromium pada limbah pabrik kulit sebelum menggunakan tumbuhan kiapu (*Pistia stratiotes*) sebagai agen fitoremediasi.
2. Kadar kromium pada limbah pabrik kulit setelah menggunakan tumbuhan kiapu (*Pistia stratiotes*) sebagai agen fitoremediasi.
3. Jumlah berat tumbuhan kiapu (*Pistia stratiotes*) yang paling efektif dalam penurunan kadar kromium pada limbah pabrik kulit.

E. Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi Peneliti

Menambah pengetahuan baru mengenai fitoremediasi untuk menurunkan kadar kromium pada limbah pabrik kulit menggunakan tumbuhan kiapu (*Pistia stratiotes*).

2. Bagi Akademisi

Dapat menjadi sumber data maupun bahan perbandingan penelitian di bidang pencemaran air dengan menggunakan fitoremediasi.

3. Bagi Masyarakat

Hasil penelitian dapat diterapkan langsung oleh masyarakat untuk mengurangi pencemaran air dengan membuat pengolahan air limbah dengan fitoremediasi menggunakan tumbuhan kiapu (*Pistia stratiotes*).

F. Asumsi Penelitian

Biomassa *Pistia stratiotes* 150 gram/10 L dengan waktu pemaparan 9 hari memberikan hasil yang terbaik bagi *Pistia stratiotes* sebagai fitoremediator limbah cair industri pelapisan krom (Liani, 2004 dalam Puspita dkk., 2011)

Pistia stratiotes dapat menyerap logam kromium dalam sungai Cikijing sebesar 3-8 ppm dan biomassa paling efektif adalah 52,5 gram/5 liter (Nugraha, 2014).

G. Hipotesis Penelitian

Penelitian ini memiliki hipotesis sebagai berikut.

H_0 : Tumbuhan kiapu (*Pistia stratiotes*) tidak berpotensi sebagai agen fitoremediasi

limbah industri pabrik kulit.

H_1 :Tumbuhan kiapu (*Pistia stratiotes*) berpotensi sebagai agen fitoremediasi

. limbah industri pabrik kulit.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Tanaman Kiapu

Tanaman air kiapu merupakan tanaman liar yang hidup di persawahan. Berdasarkan tempat habitatnya kiapu termasuk kelompok tanaman mengapung dan mengambang dengan ketinggian sekitar 5-10 cm. Akarnya banyak ditumbuhi buku-buku akar yang halus, panjang dan lebat. Bentuk daunnya berupa sendok, lidah atau rompong dengan ujung melebar. Ukuran daunnya 7-10 cm dengan lebar 2-5 cm. Daunnya berwarna hijau muda makin ke pangkal makin putih dengan bentuk roset serta tidak mudah basah. Karangan daunnya tiga-tiga, yang dua terapung dan berambut, sedangkan yang lainnya masuk ke dalam air. Batangnya kecil dan bercabang, terletak sejajar dengan permukaan air (Wirandani, 2016).

Tanaman kiapu sebagai tanaman air memiliki potensi dalam menurunkan kadar pencemar air limbah yang memiliki kadar organik tinggi. Kiapu tanaman fitoremediator yang mampu untuk menyerap zat-zat pencemar pada lingkungan. Tanaman ini mampu digunakan sebagai fitoremediator dalam pengolahan limbah air yang tercemar logam berat kromium yang berada di badan air karena dapat menurunkan konsentrasi logam berat. Dikarenakan tanaman fitoremediator kiapu memiliki potensi untuk menurunkan kadar pencemar air limbah yang memiliki kadar logam berat tinggi, Kiapu biasa ditemui pada perairan yang mengapung (Nurfitriana, 2019).

Kiapu diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Superdivisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Ordo	: Arales
Famili	: Araceae
Genus	: Pistia
Spesies	: <i>Pistia stratiotes</i>

(Sumber : Rijal, 2014)



Gambar 2.1 Tumbuhan Kiapu (*Pistia stratiotes*)
(Sumber : Instalasi Pengelolaan Air Limbah)

Hal ini menunjukkan bentuk fisiologi adaptasi yang dilakukan tumbuhan kiapu untuk mampu hidup di area perairan dan tetap mendapatkan cahaya matahari dan udara untuk proses fotosintesis. Selain itu, letak daun berupa roset (susunan daun yang melingkar dan rapat berimpitan) dan bentuk daun yang cenderung melebar membantu tumbuhan ini untuk dapat mengapung di permukaan air karena luas kontak dengan air lebih luas, serta daun yang lebar membantu tanaman ini untuk melakukan penguapan air secara berlebihan (Landprotection, 2006 dalam Rijal, 2014).

Kelebihan tanaman kiapu yaitu mempunyai keunggulan seperti daya berkecambah yang tinggi, pertumbuhan cepat, tingkat absorpsi atau penyerapan unsur hara dan air yang besar, mudah ditemukan, dan daya adaptasi yang tinggi terhadap iklim (Wirawan dkk., 2014).

B. Fitoremediasi

Fito berasal dari kata Yunani phyton yang berarti tumbuhan/tanaman, remediation asal kata Latin remediare yaitu memperbaiki, menyembuhkan atau membersihkan sesuatu. Berdasarkan hal tersebut phytoremediasi

(*phytoremediation*) dapat diartikan suatu sistem tanaman tertentu yang bekerjasama dengan micro-organisme dalam media (tanah, koral dan air) dapat mengubah zat kontaminan (pencemar/polutan) menjadi kurang atau tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi (Nugraha, 2010).

Fitoremediasi adalah suatu metode yang menggunakan tumbuhan untuk menghilangkan polutan dari tanah atau perairan yang terkontaminasi. Teknik fitoremediasi berkembang pesat karena terbukti lebih murah. Secara lengkap, istilah fitoremediasi adalah penggunaan tanaman, termasuk pohon-pohonan, rumput-rumputan dan tanaman air untuk menghilangkan bahan berbahaya baik organik maupun anorganik dari lingkungan. Aplikasi ini telah dilakukan secara komersial seperti di USA dan Eropa, sedangkan di Indonesia sendiri teknologi ini masih relatif baru (Titi, 2005 dalam Nurfitriana., 2019).

Faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan fitoremediasi yaitu kemampuan daya akumulasi berbagai jenis tanaman untuk berbagai jenis polutan dan konsentrasi; sifat kimia dan fisika, serta sifat fisiologi tanaman; jumlah zat kimia berbahaya; mekanisme akumulasi dan hiperakumulasi ditinjau secara fisiologi, biokimia, dan molekular; serta konsentrasi limbah yang digunakan (Kurniawan, 2008).

Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tanaman dapat dibagi menjadi tiga proses (Priyanti dan Prayitno, 2007) yaitu sebagai berikut.

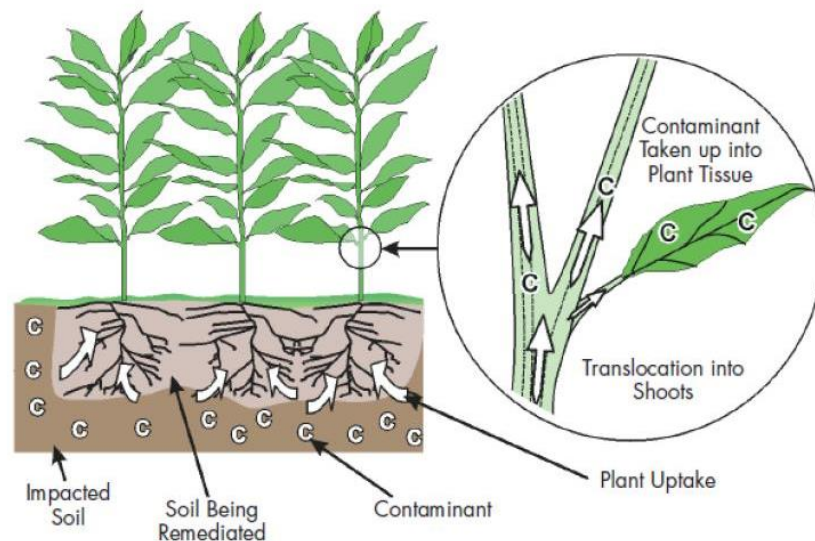
1. Penyerapan oleh akar. Agar tanaman dapat menyerap logam, maka logam harus dibawa ke dalam larutan di sekitar akar (rizosfer) dengan beberapa cara bergantung pada spesies tanaman.
2. Translokasi logam dari akar ke bagian tanaman lain. Setelah logam menembus endodermis akar, logam atau senyawa asing lain mengikuti aliran transpirasi ke bagian atas tanaman melalui jaringan pengangkut (xilem dan floem) ke bagian tanaman lainnya.
3. Lokalisasi logam pada sel dan jaringan. Hal ini bertujuan untuk menjaga agar logam tidak menghambat metabolisme tanaman. Sebagai upaya untuk mencegah peracunan logam terhadap sel, tanaman mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar.

Ada beberapa mekanisme pada fitoremediasi yaitu sebagai berikut :

1. Fitoekstraksi

Fitoekstraksi juga disebut fitoakumulasi, mengacu pada serapan dan translokasi kontaminan logam di dalam tanah oleh akar tanaman. Fitoekstraksi terutama digunakan untuk treatment tanah yang terkontaminasi (Glick, 2010). Untuk menghilangkan kontaminasi dari tanah, pendekatan ini menggunakan tanaman untuk menyerap, memusatkan, dan mengendapkan logam beracun dari tanah yang terkontaminasi ke dalam biomassa di atas tanah (pucuk, daun, dan anggota tumbuhan lainnya.). Metode ini menunjukkan bahwa tumbuhan berpotensi menghilangkan logam dari tanah yang terkontaminasi Hiperakumulator adalah spesies tanaman yang mampu mengakumulasi logam 100 kali lebih banyak daripada tanaman pada umumnya (Tangahu dkk., 2011)

Ada beberapa faktor yang membatasi luasnya fitoekstraksi logam antara lain ketersediaan hayati logam di dalam rizosfer, laju serapan logam oleh akar, proporsi logam yang tertambat di dalam akar, laju pemuatan xilem/translokasi ke pucuk, toleransi seluler terhadap logam beracun. Metode ini juga biasanya terbatas pada logam dan senyawa anorganik lainnya dalam tanah atau sedimen (Sarma, 2011).

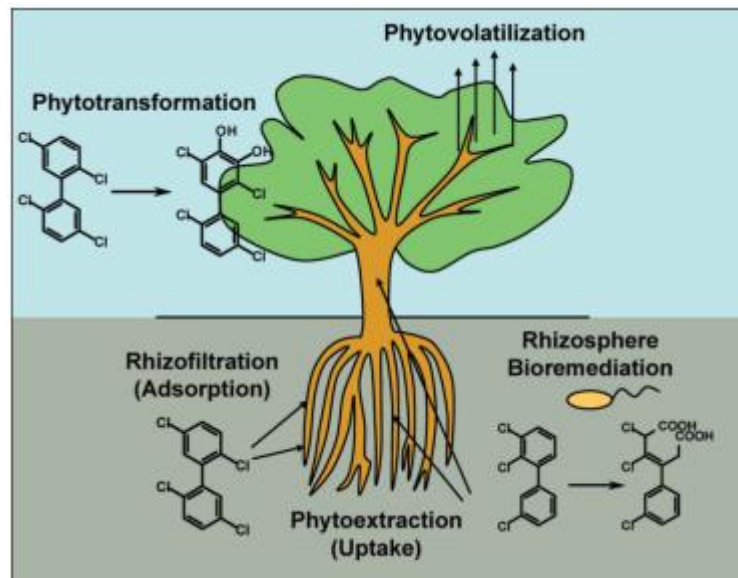


Gambar 2.2 Fitoekstraksi

(Sumber : ITRC, 2001)

2. Rizofiltrasi

Rizofiltrasi terutama digunakan untuk memulihkan air tanah yang diekstraksi, air permukaan, dan air limbah dengan konsentrasi kontaminan rendah. Metode ini merupakan metode adsorpsi atau pengendapan ke akar tanaman atau penyerapan kontaminan dalam larutan yang mengelilingi zona akar (Wang *et al.*, 2017). Rhizofiltrasi biasanya dieksploitasi di air tanah (baik in situ atau diekstraksi), air permukaan, atau air limbah untuk menghilangkan logam atau senyawa anorganik lainnya (Vamerali *et al.*, 2010). Rhizofiltrasi dapat digunakan untuk Pb, Cd, Cu, Ni, Zn, dan Cr, yang tertahan di dalam akar (Vamerali *et al.*, 2010). Proses rizofiltrasi ditunjukkan pada Gambar 2. 3 di bawah ini ;



Gambar 2. 3 Rizofiltrasi

(Sumber : ITRC,2001)

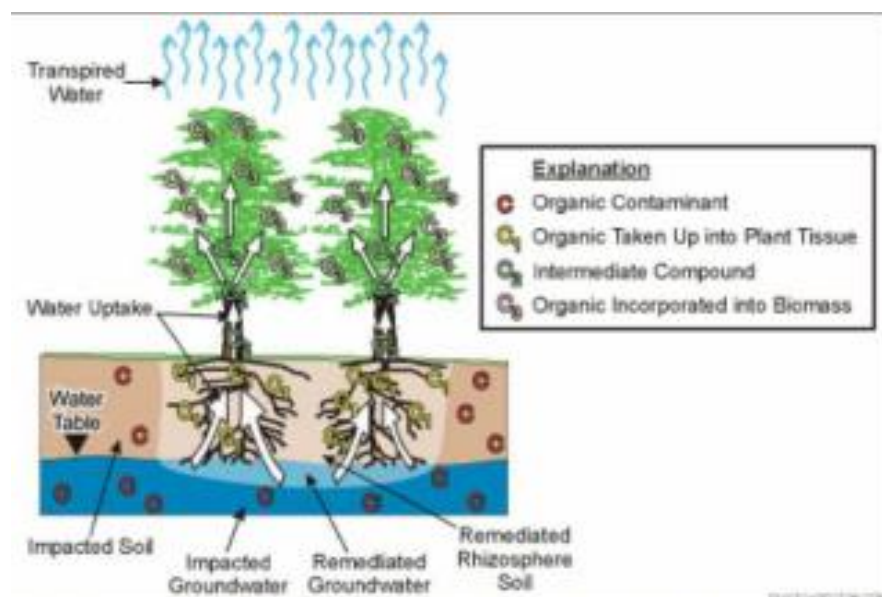
Keuntungan pada metode rhizofiltrasi adalah kemampuan untuk menggunakan tanaman darat dan air baik untuk aplikasi in-situ maupun ex-situ. Keuntungan lainnya adalah kontaminan tidak harus dipindahkan ke tunas. Dengan demikian, spesies selain hiperakumulator dapat digunakan. Tanaman terrestrial lebih disukai karena memiliki sistem perakaran yang berserat dan lebih panjang sehingga meningkatkan jumlah luas perakaran (Vamerali *et al.*, 2010).

Keuntungan dari metode ini adalah kontaminan berupa ion merkuri, dapat diubah menjadi zat yang kurang beracun (yaitu, unsur Hg). Kerugiannya adalah bahwa merkuri yang dilepaskan ke atmosfer kemungkinan besar akan didaur

ulang oleh presipitasi dan kemudian disimpan kembali ke danau dan lautan, mengulangi produksi metilmerkuri oleh bakteri anaerob (Wang *et al.*, 2017).

3. Fitovolatilisasi

Penyerapan polutan oleh tumbuhan dan dikeluarkan dalam bentuk uap cair ke atmosfer. Kontaminan bisa mengalami transformasi sebelum lepas ke atmosfer. Kontaminan zat-zat organik adalah tepat menggunakan proses ini. Spesies tumbuhan yang bisa digunakan adalah tumbuhan kapas dan pakis (ITRC, 2001)

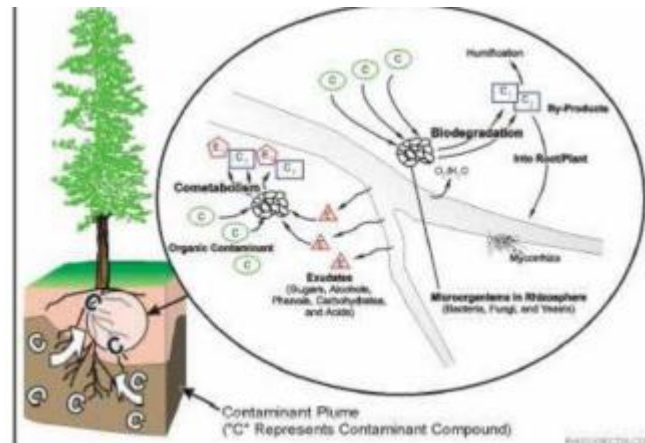


Gambar 2. 4 Fitovolatilisasi

(Sumber : ITRC, 2001)

4. Rhizodegradasi

Polutan diuraikan oleh mikroba dalam tanah, yang diperkuat/sinergis oleh ragi, fungi, dan zat-zat keluaran akar tumbuhan (eksudat) yaitu gula, alkohol, asam. Eksudat itu merupakan makanan mikroba yang menguraikan polutan maupun biota tanah lainnya. Proses ini adalah tepat untuk dekontaminasi zat organik. Spesies tumbuhan yang bisa digunakan adalah berbagai jenis rumput (ITRC, 2001).



Gambar 2.5 Rhizodegradasi

(Sumber : ITRC, 2001)

Fitoremediasi memiliki kelebihan serta kekurangan (Sidauruk dan Sipayung, 2015), kelebihan fitoremediasi yaitu:

1. Salah satu cara remediasi yang paling aman untuk lingkungan dikarenakan menggunakan tanaman
2. Ramah lingkungan dan menambah estetika
3. Tanaman yang digunakan untuk proses fitoremediasi mudah dikontrol pertumbuhannya
4. Biaya operasional relatif lebih murah daripada pengolahan konvensional
5. Dapat diaplikasikan secara in-situ dan ex-itu
6. Logam berharga yang dapat direklamasi dan dipakai ulang melalui fitoremediasi.

Sedangkan kekurangan fitoremediasi adalah sebagai berikut:

1. Membutuhkan waktu yang lama dalam prosesnya
2. Bergantung pada kondisi iklim.
3. Sangat tergantung pada kedalaman akar dan toleransi tanaman terhadap kontaminan.
4. Bioakumulasi polutan seperti logam berat di dalam rantai makanan apabila tanaman yang digunakan untuk fitoremediasi dikonsumsi oleh hewan.

C. Kromium

Kromium adalah elemen yang secara alamiah ditemukan dalam konsentrasi yang rendah pada batuan, hewan, tanah, debu, juga gas. Logam Cr murni tidak pernah ditemukan di alam, logam ini sering ditemukan dalam bentuk persenyawaan padat atau mineral dengan unsur-unsur yang lain (Mukaromah, 2008). Kromium merupakan logam transisi, memiliki massa atom 51,996 gram/mol, nomor atom 24, titik lebur 1907°C , dan massa jenis $7,19 \text{ g/cm}^3$ (Callister, 2007).

Limbah kromium yang dihasilkan dapat berupa kromium trivalen [Cr(III)] dan kromium heksavalen [Cr(VI)]. Adanya limbah kromium dalam konsentrasi tinggi dalam limbah penyamakan kulit akan menimbulkan pencemaran lingkungan dan akan berdampak buruk bagi kesehatan. Karena kelebihan kromium yang ada di dalam tubuh akan mengakibatkan berbagai gangguan pada kulit, saluran pernafasan, ginjal, dan hati. Disamping itu limbah kromium trivalen akan menimbulkan masalah jika teroksidasi menjadi ion kromium bervalensi enam (heksavalen) yang bersifat toksik atau racun. Logam ini memiliki tingkat oksidasi +2 sampai +6, namun sering dijumpai adalah tingkat oksidasi +3 dan +6 (Cavaco, 2009).

Kromium masuk ke perairan melalui dua cara, yaitu secara alamiah dan non alamiah. Masuknya krom secara alamiah dapat terjadi disebabkan oleh beberapa faktor fisika, seperti erosi atau pengikisan yang terjadi pada batuan mineral. Disamping itu debu-debu dan partikel-partikel krom yang ada di udara akan dibawa turun oleh air hujan.

Masuknya krom yang terjadi secara non alamiah lebih merupakan dampak atau aktivitas yang dilakukan manusia. Sumber-sumber krom yang berkaitan dengan aktivitas manusia dapat berupa limbah atau buangan industri sampai buangan rumah tangga (Pratiwi, 2013). Industri penyamakan kulit termasuk salah satu industri yang mengeluarkan limbah cair kromium dalam volume cukup besar (Sugihartono, 2016)

D. Industri Penyamakan Kulit

Industri penyamakan kulit adalah industri yang mengolah bahan mentah kulit (hides and skin) menjadi bahan kulit atau tersamak (*leather*) dengan menggunakan bahan-bahan kimia yang mendukung proses penyamakan. “Pengolahan kulit mentah menjadi bahan tersamak akan menyebabkan kulit tahan terhadap pengaruh mikroorganisme, kimia dan fisik” (Fahidin dalam Aningrum, S., 2006). Dalam industri penyamakan kulit terdapat tiga proses yaitu proses pengerjaan basah (*Beam House*), proses penyamakan (*Tanning*), dan penyelesaian akhir (*Finishing*). Ketiga proses tersebut memiliki beberapa tahapan pengerjaan dan setiap tahapan menggunakan air maupun bahan kimia. Berikut penjelasan dari masing-masing proses:

2.1. Proses Pengerjaan Basah (*Beam House*)

Proses pengerjaan basah (*Beam House*) adalah proses awal yang dilakukan dalam industri penyamakan kulit. Fungsi dari proses ini adalah mempersiapkan kulit untuk dimasuki bahan penyamak, menghilangkan bagian-bagian kulit yang tidak perlu, dan memperbesar pori kolagen sehingga bahan penyamak dapat masuk. Pada proses ini terdiri dari empat tahapan yaitu perendaman (*soaking*), pengapuran, pembelahan, pengasaman. Masing-masing tahapan akan dijelaskan sebagai berikut:

Perendaman (*soaking*) berfungsi untuk mengembalikan kadar air yang hilang selama proses pengeringan sebelumnya karena kulit basah lebih mudah bereaksi dengan bahan kimia penyamak, membersihkan sisa kotoran, darah, garam yang masih melekat pada kulit serta mengembalikan sifat kulit mentah menjadi lemas dan lunak. Bahan kimia yang digunakan adalah air, *teepol*, dan soda abu. Limbah dari perendaman ini adalah desinfektan dan kotoran-kotoran dari kulit.

Tahapan selanjutnya adalah pengapuran yang dilakukan selama 24 jam. Pengapuran adalah proses membengkakan kulit untuk melepas sisa daging, menyabunkan lemak pada kulit, pembuangan sisik, pembuangan sisa daging, menghilangkan epidermis, bulu, kelenjar keringat dan kelenjar lemak. Bahan kimia yang digunakan yaitu air, natrium sulfida dan kapur.

Tahap ketiga dari proses pengerjaan basah adalah pembelahan (*Magnalitting*). Fungsi dari tahap ini adalah untuk membelah kulit menjadi dua bagian yang mana kulit atasan diperoleh dari penipisan kulit mentah menggunakan mesin belah (*Magnalitting Machine*).

Proses pengasaman (*Pickling*) berfungsi untuk menghilangkan kapur, menetralkan kulit dari suasana basa, menghindari pengerutan kulit, menghindari timbulnya endapan kapur yang dilakukan pada pH 3-3,5 dimana kulit dalam keadaan tidak bengkak. Bahan kimia yang digunakan adalah asam-asam organik lemah seperti asam formiat dan asam laktat. Pengasaman dilakukan karena pada proses pengapuran terdapat sisa-sisa kapur pada kulit. Ini akan mengganggu proses penyamakan selanjutnya. Proses yang dimaksud yaitu:

- a. Kapur akan bereaksi dengan zat penyamak menjadi kalsium tannat yang berwarna agak gelap dan keras ketika kulit disamak nabati, akibatnya kulit menjadi pecah.
- b. Kapur akan bereaksi menimbulkan pengendapan krom hidroksida pada kulit disamak krom. Pembuangan kapur dilakukan dengan menggunakan asam atau garam asam, misalnya H_2SO_4 , $HCOOH$, dan $(NH_4)_2SO_4$. Selain mengasamkan kulit, tahap pengasaman ini memiliki fungsi menghilangkan noda hitam akibat proses sebelumnya, menghilangkan noda besi yang diakibatkan oleh Na_2S dan menghilangkan noda putih akibat pengendapan $CaCO_3$ yang menyebabkan cat dasar tidak merata. Pengasaman ini menghasilkan kulit yang tahan terhadap serangan bakteri pembusuk.

2.2 Proses Penyamakan (*Tanning*)

Prinsip dari proses penyamakan adalah memasukkan zat penyamak ke dalam jaringan serat kulit (kolagen). “Proses penyamakan bertujuan untuk mengubah kulit mentah yang mudah rusak oleh aktivitas mikroorganisme, kimia, atau fisik menjadi kulit tersamak yang lebih tahan terhadap pengaruh-pengaruh tersebut” (Softwana, 2001). Jenis penyamak yang

digunakan mempengaruhi hasil akhir yang diperoleh. Ada 3 jenis bahan penyamak yang dapat digunakan serta pengaruh penggunaannya, yaitu:

1. Bahan penyamak dapat berasal dari bahan nabati (tumbuh-tumbuhan), mineral, dan minyak. Bahan penyamak nabati dapat berasal dari kulit akasia, manggis, buah pinang, gambir dan lain-lain. Penyamak nabati (tannin) memberikan warna coklat muda atau kemerahan, bersifat agak kaku tapi empuk dan kurang tahan terhadap panas.
2. Bahan penyamak mineral adalah garam-garam yang berasal dari senyawa-senyawa yang mengandung logam-logam seperti aluminium, zirkonium, dan kromium. Penyamakan krom menghasilkan kulit yang lebih lembut/lemas, daya tarik tinggi dan lebih tahan terhadap panas dan bakteri. Bahan penyamak dari minyak dapat berasal dari minyak ikan hiu atau ikan lainnya. Proses penyamakan ini biasanya menggunakan bahan kimia seperti cromosal B dan formalin. Dari proses ini akan diperoleh kulit yang tersamak dengan logam krom. Kulit ini ditumpuk selama 1-2 hari. Untuk menghilangkan kadar air yang masih tersisa maka dilakukan pemerasan dengan mesin ataupun tangan.

Selanjutnya diatur ketebalan kulit agar rata dengan mesin ketam. Tahapan ini disebut pengetaman (*Shaving*). Tahap pemucatan dilakukan dengan menggunakan asam-asam organik yaitu kalsium hipoklorida dan sodium hidroksida. Setelah tahap pemucatan dilakukan tahap penetralan (*Neutralizing*). Tahapan ini bertujuan agar tidak mengganggu tahapan selanjutnya karena kulit yang tersamak bersifat asam dengan pH 3-4. Bahan kimia yang digunakan adalah garam alkali misalnya NaHCO_3 .

Selanjutnya, tahapan pengecatan dasar (*Dyeing*) berfungsi untuk memberikan warna dasar pada kulit agar cat pada kulit tidak mudah pecah. Bahan yang digunakan adalah air, cat dasar dan asam formiat. Tahapan peminyakan menggunakan bahan berupa air, minyak sulphonasi dan anti jamur.

Untuk mencegah warna kulit gelap dan permukaan yang mudah pecah bila ditekuk maka harus dilakukan pelumasan (*Oiling*). Hal ini dilakukan untuk mencegah keluarnya bahan penyamak sebelum kulit menjadi kering. Pelumasan ini menggunakan 1 bagian minyak paraffin, 1 bagian minyak sulfonir dan 3 bagian air.

Selanjutnya kulit diperas dengan mesin atau tangan lalu dikeringkan agar tidak terjadi reaksi kimia didalam kulit. Setelah kulit kering, kulit akan diregang untuk memperoleh kulit yang lebih lebar hingga mendekati batas kemulurannya. Peregangan ini biasanya dilakukan dengan tangan ataupun mesin regang.

2.3 Penyelesaian Akhir (*Finishing*)

Setelah dilakukan proses penyamakan maka kulit jadi yang diperoleh dapat diperindah dengan pengkilapan, pewarnaan juga dilakukan penghalusan permukaan kulit serta menutup cacat atau warna cat dasar yang tidak rata.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Definisi Operasional

Definisi operasional yang dipaparkan dalam penelitian ini adalah :

1. Tumbuhan kiapu merupakan tanaman liar yang hidup di persawahan. Tanaman ini dapat hidup mengapung pada permukaan air dengan akar-akarnya yang menggantung terendam dibawah bagian daun yang mengambang.
2. Agen fitoremediasi merupakan tumbuhan yang bisa digunakan untuk dekontaminasi limbah dengan salah satu metode penanganan area yang tercemar. Dalam penelitian ini tumbuhan yang dipakai yaitu tumbuhan kiapu (*Pistia stratiotes*).
3. Limbah pabrik kulit merupakan limbah yang dihasilkan dalam prose penyamakan kulit. Limbah yang langsung dibuang ke sungai tanpa pengolahan terlebih dahulu akan mencemari sungai dan menjadi sumber penyakit.

B. Metode Penelitian

Metode penelitian ini adalah penelitian eksperimen dengan rancangan acak lengkap (RAL). Rancangan ini digunakan karena medium pengujian bersifat homogen, sehingga yang memengaruhi hasil penelitian hanya pada perlakuan yang berbeda-beda. Penelitian ini terdapat 4 perlakuan. Perlakuan yang diberi tanda A-D dan pengulangan diberi tanda 1-4.

- a. Perlakuan 1 : A1, A2, A3, A4, A5, yaitu tanpa pemberian tumbuhan kiapu (*Pistia stratiotes*)
- b. Perlakuan 2 : B1, B2, B3, B4, B5, yaitu dengan pemberian tumbuhan kiapu (*Pistia stratiotes*) sebanyak 50 g/5liter.
- c. Perlakuan 3 : C1, C2, C3, C4, C5, yaitu dengan pemberian tumbuhan kiapu (*Pistia stratiotes*) sebanyak 75 g/5liter.
- d. Perlakuan 4 : D1, D2, D3, D4, D5, yaitu dengan pemberian tumbuhan kiapu (*Pistia stratiotes*) sebanyak 100 g/5 liter.

Penelitian biomassa atau berat kiapu berdasarkan penelitian Liani (2004, dalam Puspita dkk., 2011) yaitu 150 g/10 L sebagai biomassa yang paling optimal menyerap kromium dari limbah pabrik batik.

C. Populasi dan Sampel

Populasi yang dijadikan sumber dalam penelitian ini adalah tumbuhan kiapu yang terdapat di sekitar sawah dan kolam daerah Karangpawitan, Muara Sanding, Cilawu atau Samarang. Sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu tumbuhan kiapu yang berjumlah 1.350 gram. Jumlah sampel dihitung sesuai dengan rumus Feederer berikut. $(t - 1)(r - 1) \geq 15$

Keterangan : t : perlakuan

r: ulangan

15 : faktor nilai derajat kebebasan umum

(Rumus Feederer, 1963 dalam Shasti dan Siregar, 2017).

Dengan 4 perlakuan maka banyak pengulangan untuk perlakuan sebagai berikut :

$$(t-1)(r-1) \geq 15$$

$$(4-1)(r-1) \geq 15$$

$$3(r-1) \geq 15$$

$$3r - 3 \geq 15$$

$$3r \geq 15 + 3$$

$$3r \geq 18$$

$$r \geq 18/3$$

$$r \geq 6 \text{ ulangan}$$

Jumlah sampel seluruhnya yaitu $6 \times 4 = 24$ sampel

D. Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilaksanakan mulai tanggal 15 Januari sampai 31 Maret 2022. Bertempat di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Jalan Bratayudha Kecamatan Garut Kota. Sedangkan pengukuran kadar Cr dilakukan di Laboratorium Biologi IPI Garut.

E. Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini membutuhkan beberapa alat dan bahan yang digunakan sebagai penunjang penelitian yaitu :

Tabel 3.1 Alat yang digunakan

No	Nama Bahan	Spesifikasi	Jumlah
1	Jerigen	25 L	2
2	Baskom	2 L	25
3	Botol Sampel	-	26
4	Kertas Label	-	1 pak
5	Tisu Lensa	-	1 pak
6	Buku dan pensil	-	1 set
7	Stopwatch	Handphone	1
8	Spektrofotometer Uv – vis	Shimadzu Uv-1280	1
9	Kuvet	-	2
10	Gelas Kimia	250 mL	2
11	Gelas Ukur	50 mL	2
12	Corong	Kaca	1
13	Spatula	Stainless	1
14	Labu Ukur	50 mL	1
15	Labu Erlenmeyer	50 mL	10
16	Neraca Analitik	-	1
17	Pipet Volume	10 mL	1
18	Pipet Tetes	1 mL	2

Tabel 3.2 Bahan yang digunakan

No	Nama Bahan	Spesifikasi	Jumlah
1	Tumbuhan Kiapu	Berukuran tinggi 10-15 cm	60 tumbuhan
2	Air Limbah	-	5 liter
3	Aquadest	-	4 L
4	Difenil Carbazid	-	200 mg
5	H ₂ SO ₄	98 %	50 mL

F. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

1. Pengumpulan Data

Data yang diukur dalam penelitian ini adalah kemampuan tumbuhan kiapu untuk menurunkan kadar kromium yang terdapat pada limbah pabrik kulit.

2. Analisis Data.

Data hasil penelitian dianalisis secara statistik menggunakan SPSS type 25 dengan beberapa langkah yang sudah dicantumkan pada hasil pengolahan data disajikan yaitu :

a. Uji normalitas

Uji normalitas menggunakan Uji Liliefors, ini karena data yang akan diolah < 30

Rumus : $L_o = (F(z_i) - S(z_i))$

Kriteria : Jika $L_{hit} > L_{tab}$, maka data tidak berdistribusi normal

Kriteria : Jika $L_{hit} < L_{tab}$, maka data berdistribusi normal

Cara menggunakan SPSS dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

- 1) Buka file uji normalitas.sav
- 2) Klik *Analyze*, *Regression*, dan *Linier*
- 3) Jika terlihat pada kotak *Dependent* dan *Independent (s)* terisi oleh nama variabel, maka klik *reset* untuk mengembalikan ke posisi semula.
- 4) Masukkan variabel Volume Penjualan pada kotak *Dependent*:
- 5) Masukkan variabel Iklan dan *Personal Selling* pada kotak *Independent(s)*.

- 6) Klik *Save*, pada kotak *Residual* klik *Standardized* lalu klik *Continue*.
- 7) Abaikan pilihan yang lain, klik *OK*.
- 8) Kembali ke *Data Editor*, sekarang telah muncul variabel baru *Standardized Residual* yaitu *ZRES_1*.
- 9) Selanjutnya klik *Analyze*, *Nonparametrics Test*, pilih *Legacy Dialogs*, dan klik 1 *Sample K-S*
- 10) Masukkan variabel *Standardized Residual* pada kotak *Test Variable List*
- 11) Abaikan pilihan yang lainnya, klik *OK*. Maka output yang dihasilkan pada *Output Viewer*.
- 12) Simpan hasil *output viewer* dengan nama *Uji Normalitas Kolmogorov.spv*

b. Uji homogenitas

Uji homogenitas menggunakan uji *Levene* karena lebih dari dua kelompok sampel.

- 1) Klik *Compare Means*, lalu klik *One-Way ANOVA*.
- 2) Masukkan variabel yang diujikan pada kolom *Dependent List*.
- 3) Masukkan variabel yang membedakan kelompok ke kolom *Factor*. Kolom *Factor* diisi dengan variabel kriteria yang membedakan kelompok data, misalnya pada contoh dibedakan dengan kelompok kontrol dan kelompok perlakuan.
- 4) Klik *Options*, lalu centang *Homogeneity of variance test*
- 5) Klik *OK*. Hasil analisis ditampilkan pada jendela output

c. Uji Hipotesis

Jika data berdistribusi normal dan homogen maka dilanjutkan ke uji *Anova*, karena data yang diolah tergolong ke dalam data sebab akibat yang lebih dari 2 variabel.

Rumus : $F = \frac{\text{Sumber Varian Antar kelompok (RJKA)}}{\text{Sumber Varian dalam kelompok (SVDK)}}$.

- 1) Mulai analisis dengan klik *analyze – nonparametric test – legacy dialog – k independent samples*
- 2) Masukkan variabel konsentrasi ke *test variable* dan kadar kromium ke *grouping variables*

- 3) Klik *define range*, lalu tuliskan *minimum* 1 dan *maximum* 3
- 4) Klik *continue* lalu OK
- 5) Amati output analisis yang berisi analisis statistik.

Kriteria : Jika $F_{hit} > F_{tab}$, maka H_0 ditolak

: Jika $F_{hit} < F_{tab}$, maka H_0 diterima

Apabila ada pengujian dihasilkan adanya perbedaan yang signifikan, maka dilakukan dengan uji lanjut ANOVA yaitu uji Scheffe (Sundayana, 2016).

Jika data tidak berdistribusi normal dan tidak homogen ataupun data berdistribusi normal namun tidak homogen maka uji statistik yang digunakan yaitu uji Kruskal Wallis. Kriteria :

Jika nilai $X^2_{hitung} > X^2_{tabel}$, maka H_0 ditolak

Jika nilai $X^2_{hitung} < X^2_{tabel}$, maka H_0 diterima (Sundayana, 2016)

G. Tahap Penelitian

1. Tahap Persiapan

- a. Studi literatur dari berbagai sumber seperti jurnal penelitian mengenai masalah yang akan diteliti.
- b. Menyusun proposal penelitian yang dibimbing oleh dosen pembimbing skripsi.
- c. Mengikuti seminar proposal
- d. Mempersiapkan alat dan bahan penelitian
- e. Melakukan Penelitian

2. Tahap Penelitian (Riyani, 2020)

- a. Tahap pengambilan sampel air limbah pabrik kulit
- b. Mengambil air dari Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL)
- c. Memasukkan air limbah ke dalam baskom kapasitas 5 L sebanyak 24 baskom.
- d. Mengambil tumbuhan kiapu di kolam atau sawah sekitar Karangpawitan, Samarang, Cilawu dan Muara Sanding.
- e. Membersihkan kotoran atau lumpur yang menempel pada tumbuhan kiapu.

- f. Memasukkan kiapu ke dalam wadah yang berbeda sebanyak 0 gram, 50 gram, 75 gram dan 100 gram.
- g. Didedahkan selama 9 hari.

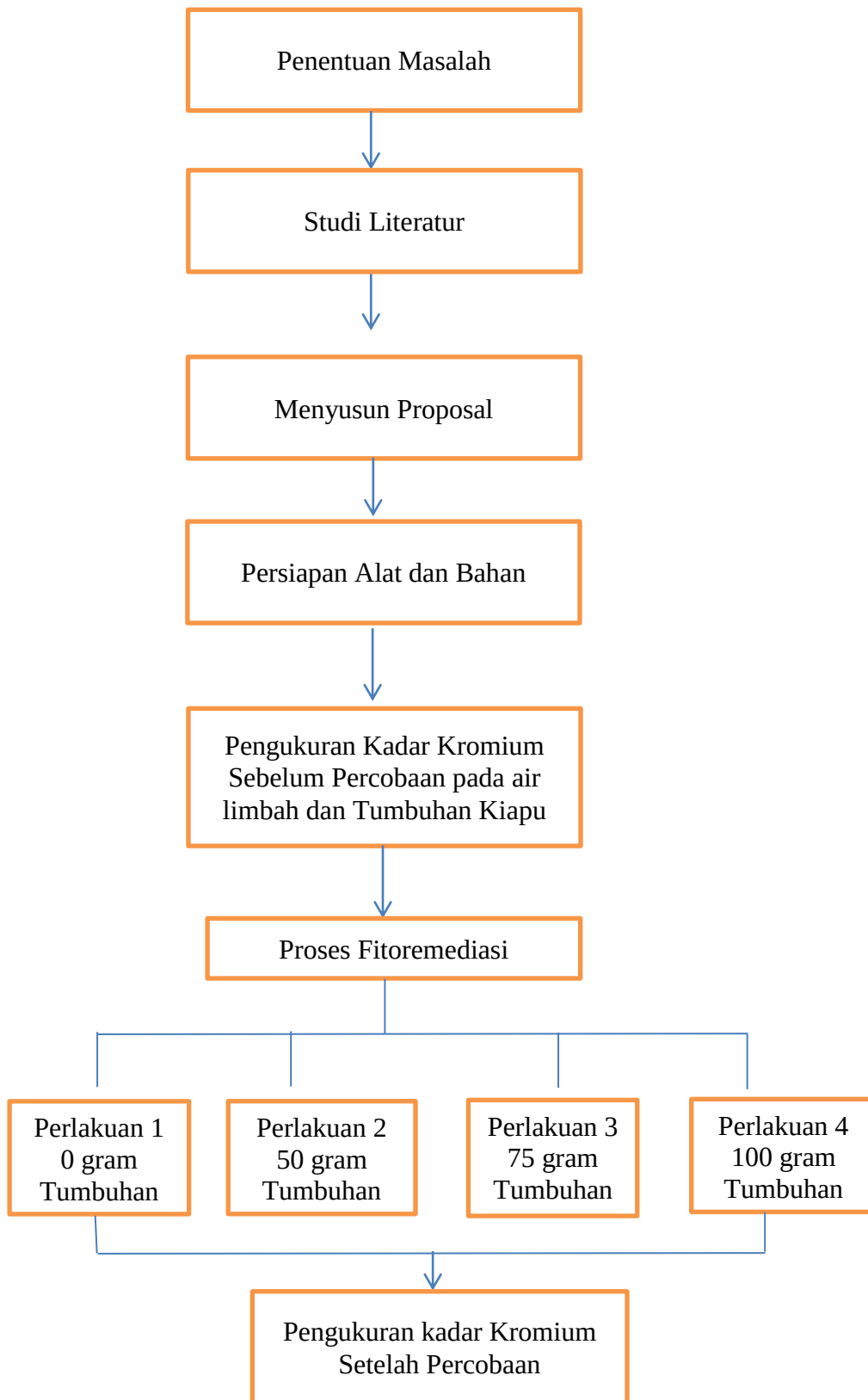
3. Tahap pengamatan

- a. Mengukur kadar kromium yang terdapat pada limbah pabrik kulit dan tumbuhan sebelum perlakuan.
- b. Mengukur kadar kromium setelah selesai penelitian pada air limbah dan tumbuhan kiapu.
- c. Penelitian dilakukan selama 9 hari.

4 Cara Pengukuran Kadar Kromium

- a. Menyalakan spektrofotometer UV-Vis
- b. Membersihkan kuvet dengan tisu lensa
- c. Mengatur panjang gelombang 540 nm
- d. Mengkalibrasi spektrofotometer dengan larutan blanko
- e. Meletakkan larutan blanko ke dalam tempat kuvet dan menutup spektrofotometer
- f. Mengeluarkan blanko dan uji hasil kalibrasi spektrofotometer.
- g. Mengukur absorbansi sampel
- h. Memasukkan larutan sampel ke dalam spektrofotometer.
- i. Menunggu sampai 5 detik, kemudian membaca dan mencatat hasilnya
- j. Mengeluarkan sampel dari spektrofotometer.

(Riyani, 2020)

H. Alur Penelitian :**Gambar 3.1** Bagan Alur Penelitian

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi tumbuhan kiapu (*Pistia stratiotes*) sebagai agen fitoremediasi limbah pabrik kulit. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah tumbuhan kiapu yang berjumlah 1.350 gram. Penentuan kadar kromium dalam sampel air limbah pabrik kulit dilakukan dengan menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis

Setelah melakukan penelitian, didapatkan data hasil penelitian sebagai berikut:

1. Penentuan panjang gelombang maksimum

Sebelum dilakukan analisa kadar dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis terlebih dahulu dilakukan penentuan panjang gelombang maksimum. Dikarenakan hanya 1 senyawa kromium yang diukurnya, maka sudah ditentukan panjang gelombangnya yaitu 540 nm.

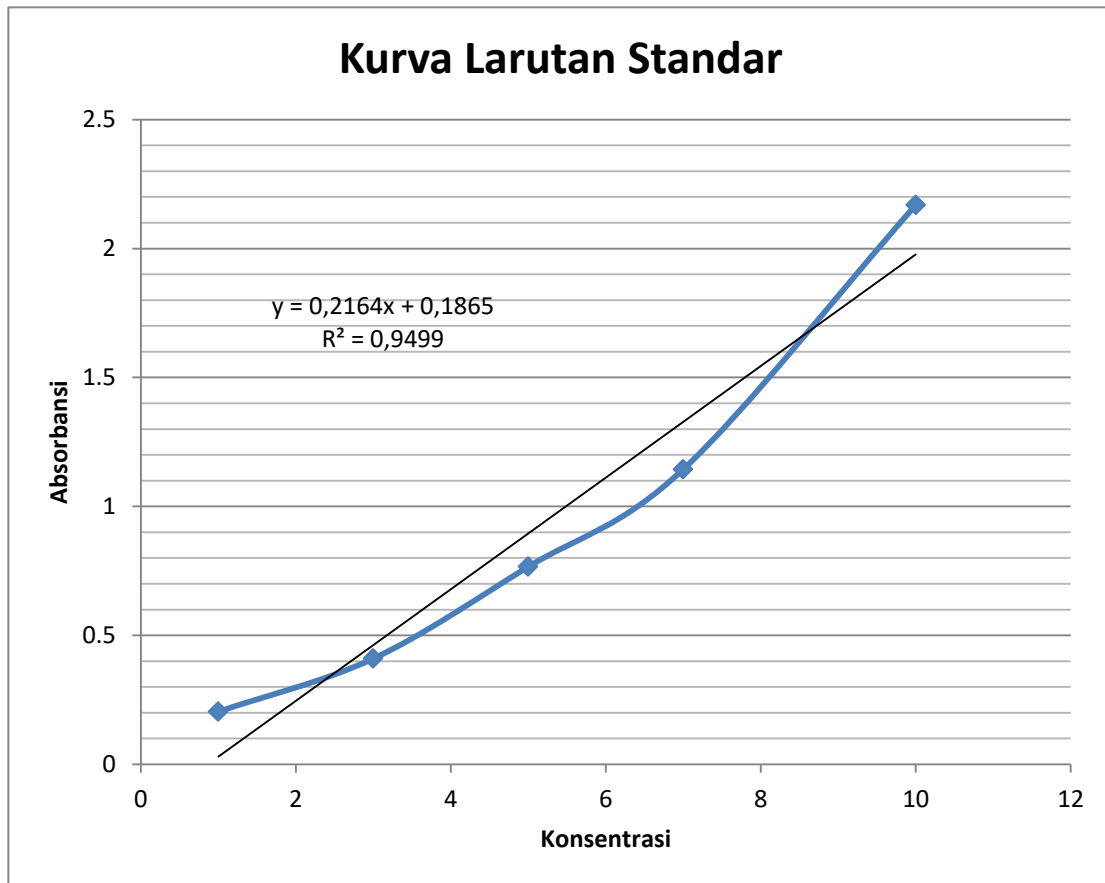
2. Pembuatan kurva kalibrasi larutan standar

Untuk mengukur kadar kromium pada air limbah pabrik kulit, terlebih dahulu dibuat larutan standar dengan menggunakan 5 variasi konsentrasi. Alat spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk menentukan absorbansi dari 5 variasi konsentrasi larutan standar. Adapun hasil absorbansi larutan standar kromium dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini :

Tabel 4.1 Absorbansi Larutan Standar Kromium

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi (A)
1	0,204
3	0,410
5	0,766
7	1,144
10	2,169

Berdasarkan data absorbansi larutan standar kemudian dibuat kurva larutan standar (Gambar 4.1). Kurva tersebut digunakan untuk menentukan kadar kromium dalam sampel air limbah pabrik kulit menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis. Berikut adalah kurva standar :



Gambar 4.1 Kurva Larutan Standar

Berdasarkan penentuan regresi pada linieritas dari standar kurva kalibrasi, diperoleh koefisien korelasi dan diketahui alat spektrofotometer UV-Vis yang digunakan sudah mewakili jumlah sampel. Hasil dari kurva larutan standar diperoleh nilai korelasi R^2 sebesar 0,9499 yang menunjukkan adanya hubungan linier yang erat antara konsentrasi yang diukur dengan absorbansi yang dihasilkan. Setelah melalui perhitungan regresi linier kurva larutan standar, $Y = a + bx$, maka diperoleh $y = 0,2164x + 0,1865$ sehingga dapat menghitung konsentrasi tiap sampel.

Larutan standar pada penelitian ini diperoleh nilai absorbansi yang meningkat seiring hasil pada larutan standar dimana nilai absorbansi meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi, dapat dilihat dimana konsentrasi 1 ppm diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,204 dan pada konsentrasi 10 ppm diperoleh absorbansi sebesar 2,169.

3. Penentuan kadar kromium dalam sampel limbah pabrik kulit menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Sebelum dilakukan perlakuan tumbuhan kiapu selama 9 hari, dilakukan pengukuran kadar kromium pada air limbah yang dapat dilihat hasil pengukuran kadar kromium yang terkandung dalam sampel air limbah sebagai berikut :

Tabel 4.2 Hasil Absorbansi Sampel Sebelum Perlakuan Kiapu

Sampel	Absorbansi						Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	
Tanpa Tumbuhan kiapu	0,098	0,077	0,092	0,138	0,083	0,009	0,096
50 g tumbuhan kiapu	0,069	0,097	0,102	0,098	0,078	0,078	0,087
75 g tumbuhan Kiapu	0,077	0,064	0,098	0,077	0,317	0,333	0,161
100 g tumbuhan kiapu	0,098	0,075	0,079	0,097	0,597	0,087	0,172

Tabel 4.3 Hasil Absorbansi Sampel Sesudah Perlakuan Kiapu

Sampel	Absorbansi						Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	
Tanpa Tumbuhan kiapu	0,092	0,008	0,020	0,008	0,013	0,014	0,026
50 g tumbuhan kiapu	0,007	0,005	0,010	0,010	0,008	0,020	0,010
75 g tumbuhan Kiapu	0,008	0,013	0,009	0,004	0,009	0,014	0,009
100 g tumbuhan kiapu	0,010	0,009	0,005	0,003	0,008	0,007	0,007

Tabel 4.4 Perolehan Kadar Kromium dalam Sampel Sesudah Perlakuan Tumbuhan Kiapu

Sampel	Absorbansi Rata-rata	Konsentrasi (Ppm)	Kadar Kromium (g/L)
Tanpa Tumbuhan kiapu	0,026	0,0030	0,078
50 g tumbuhan kiapu	0,010	0,0018	0,018
75 g tumbuhan Kiapu	0,009	0,0016	0,014
100 g tumbuhan kiapu	0,007	0,0013	0,0091

Data yang dihasilkan tersebut dianalisis dengan uji statistika sebagai berikut :

a. Uji prasyarat

1) Uji normalitas

Sebelum melakukan pengujian, hipotesis, terlebih dahulu data yang diperoleh dari setiap perlakuan diuji normalitasnya dengan menggunakan uji Liliefors dengan bantuan SPSS. Adapun hasil keseluruhan uji normalitas dapat dilihat pada Tabel 4.5 sebagai berikut :

Tabel 4.5 Hasil Uji Normalitas (Shapiro Wilk) Kadar Kromium dalam Sampel

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
Absorbansi rata- rata	.301	4	-	.897	4	.414
Konsentrasi (Ppm)	.317	4	-	.866	4	.282
Kadar Kromium (%)	.346	4	-	.814	4	.130

Keterangan :Jika nilai Sig. > α (0.05) maka data berdistribusi normal.

Berdasarkan hasil uji normalitas tersebut menyatakan bahwa nilai sig dan absorbansi rata-rata (0,414) > dari α , konsentrasi (0,282) > dari α , dan kadar kromium (0,130) > dari α , maka data berdistribusi normal. Sehingga dilanjutkan dengan uji homogenitas.

2) Uji Homogenitas

Setelah dilakukan uji normalitas dan hasil datanya berdistribusi normal, maka pengujian selanjutnya yaitu uji homogenitas digunakan untuk mengetahui apakah data tersebut bersifat homogen atau tidak dengan korelasi uji homogenitas sebagai berikut : Sig > α (0.05) maka varians tersebut homogen. Hasil perhitungan uji homogenitas dapat dilihat pada Tabel 4.6 sebagai berikut :

Tabel 4.6 Uji Homogenitas kadar kromium dalam sampel

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Homogenitas	Based on Mean	5.640	2	9	.026

Berdasarkan data di atas dapat dilihat bahwa data tersebut tidak homogen, Karena Sig. (0, 026) < dari α (0,05)

b. Uji Hipotesis

Uji hipotesis digunakan untuk mengetahui signifikansi perbedaan rata-rata antara kelompok sampel yang satu dengan yang lainnya. Pada pengujian uji normalitas, karena hasilnya tidak homogen maka uji hipotesisnya dilakukan dengan menggunakan uji Kruskal Wallis, hasilnya dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 4.7 Hasil Uji Kruskal Wallis kadar kromium dalam sampel

	Kromium
Kruskal-Wallis	8.346
Df	2
Asymp. Sig	.015

Kriteria : Jika Sig. > α (0,05) maka H_0 diterima. Nilai Sig (0.015) < α (0,05) maka H_0 ditolak atau H_a diterima, sehingga pada penelitian ini terdapat pengaruh fitoremediasi tumbuhan kiapu (*Pistia stratiotes*) dalam penurunan kadar kromium pada air limbah pabrik kulit..

B. Pembahasan

Limbah yang digunakan pada penelitian adalah air limbah yang berasal dari pabrik kulit di Kelurahan Sukaregang Kecamatan Garut Kota. Air limbah tersebut sudah terkumpul dalam bak instalasi pengelolaan air limbah yang berada di Kelurahan Karacak Kecamatan Garut Kota. Air limbah diolah dengan fitoremediasi menggunakan tumbuhan kiapu (*Pistia stratiotes*). Pada penelitian ini menggunakan 4 variasi tumbuhan yang berbeda-beda yaitu tanpa tumbuhan kiapu, 50 gram tumbuhan kiapu/5L air limbah, 75 gram tumbuhan kiapu/5L air limbah dan 100 gram tumbuhan kiapu/5L air limbah untuk menurunkan kadar kromium yang terkandung di air limbah tersebut.

1. Hasil Penentuan panjang gelombang

Tujuan penentuan panjang gelombang agar mengetahui daerah serapan yang dapat dihasilkan berupa nilai absorbansi dari larutan standar yang diukur serapannya menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis pada rentang panjang gelombang 540 nm. Penentuan panjang gelombang maksimum ($\lambda_{\max}$) dilakukan menggunakan larutan standar kromium heksavalen pada panjang gelombang 500-560 nm dengan rentang 10 nm, panjang gelombang maksimum tercapai pada 540 nm. Hasil tersebut sesuai dengan teori, bila dilihat dari intensitas warna komplementer yang dihasilkan oleh senyawa kompleks Cr(VI)-difenilkarbazon yang berwarna ungu sehingga akan menyerap pada panjang gelombang 540 nm (Clesceri, 1992 dalam Mukarromah 2008).

Warna dari suatu kompleks timbul akibat adanya transisi elektronik, yaitu transisi elektron dari tingkat energi dasar ke tingkat energi yang lebih tinggi. Energi yang diabsorpsi untuk terjadinya transisi merupakan perbedaan antara dua tingkat energi tersebut yang bersesuaian dengan panjang gelombang sinar pada spektrum sinar tampak (Effendy, 2006).

Reaksi yang terjadi antara 1,5-difenilkarbazida dengan Cr(VI) akan menghasilkan kompleks Cr(VI)-difenilkarbazon dengan warna komplementer ungu yang dapat diserap dan dideteksi oleh detektor hingga menghasilkan nilai berupa absorbansi (Vogel, 1985 dalam Zakkiyah, 2018).

2. Hasil kurva kalibrasi larutan standar.

Berdasarkan kurva kalibrasi didapatkan persamaan garis yang menyatakan hubungan antara konsentrasi dan absorbansi. Kurva kalibrasi disebut juga dengan kurva standar. Fungsi dari kurva kalibrasi tersebut adalah untuk menentukan konsentrasi suatu zat dalam suatu sampel yang tidak diketahui dengan membandingkan yang tidak diketahui ke dalam seperangkat sampel standar dari konsentrasi yang telah diketahui. Kurva kalibrasi harus dibuat dalam rentang konsentrasi sampel. Konsentrasi yang digunakan untuk membuat kurva kalibrasi terhadap kadar kromium dilakukan dengan 5 konsentrasi larutan standar. Setelah didapatkan kurva kalibrasi, dilihat grafiknya naik (linear) maka semakin optimal dalam penentuan kadar kromium.

Pengukuran setiap variasi konsentrasi dilakukan dengan enam kali pengulangan. Data yang diperoleh kemudian dibuat kurva dengan hubungan antara konsentrasi dan nilai absorbansi. Kurva kalibrasi yang diperoleh menunjukkan nilai absorbansi dan konsentrasi berbanding lurus yaitu semakin besar konsentrasi kromium heksavalen, maka semakin besar nilai absorbansi. Hasil tersebut sesuai dengan hukum Lambert-Beer yang menyatakan bahwa nilai absorbansi sebanding dengan konsentrasi, $A = \epsilon bc$. Kurva kalibrasi antara konsentrasi terhadap absorbansi ditunjukkan pada gambar 4.1. Hasil dari kurva larutan standar diperoleh nilai korelasi R^2 sebesar 0,9499 yang menunjukkan adanya hubungan linier yang erat antara konsentrasi yang diukur dengan absorbansi yang dihasilkan (Erviana, 2016). Hasil ini menunjukkan bahwa antara kandungan Cr dalam konsentrasi absorbansi berkorelasi positif dan korelasinya erat ($R^2 = 0,9499$). Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9499 berarti kurva pada gambar 4.1 mempunyai keakuratan dalam menentukan konsentrasi sebesar 94,99%.

3. Hasil penentuan kadar kromium.

Prinsip analisis kadar kromium yaitu ion krom heksavalen bereaksi dengan difenilkarbazid dalam suasana asam membentuk senyawa kompleks berwarna merah-ungu yang menyerap cahaya tampak pada panjang gelombang 540 nm. Serapannya yang diukur pada panjang gelombang tersebut sebanding dengan kadar ion krom heksavalen (Cotton dan Wilkinson, 1989 dalam Riyani, 2020).

Berdasarkan jurnal SNI penentuan kromium, digunakan difenilkarbazid yaitu sebagai reagen dalam penentuan Cr-VI, dari suatu larutan dimana akan dibentuk suatu molekul kompleks dengan kromium tersebut. Setelah didapatkan kurva kalibrasi tadi didapatkan persamaan uji linearitas. Uji linearitas tersebut dapat menghitung konsentrasi setiap sampel. Hasil konsentrasi setiap sampel dikali rata-rata nilai absorban sehingga dihasilkan kadar kromium pada sampel tersebut.

Berdasarkan hasil pengujian sampel air limbah pabrik kulit, batas maksimum kadar kromium dalam sampel air yang diperbolehkan berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51/MENLH/10/1995 tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri, menyebutkan bahwa batas maksimal konsentrasi kromium total untuk jenis penyamakan kulit adalah 2,0 mg/L atau 0,002 g/L. Sedangkan hasil penelitian awal kadar kromium menunjukkan nilai diatas baku mutu yaitu sebesar 172 mg/L atau 0,172 g/L.

Setelah perlakuan kiapu pada air limbah selama 9 hari, maka dilakukan pengukuran kadar kromium terbukti menurun. Pada perlakuan tanpa tumbuhan kiapu (kontrol) sebesar 0,078 g/L, pada perlakuan 50 gram tumbuhan kiapu sebesar 0,018 g/L, pada perlakuan 75 gram tumbuhan kiapu sebesar 0,014 g/L dan pada 100 gram tumbuhan kiapu sebesar 0,009 g/L. Hasil penelitian yang paling efektif yaitu perlakuan 100 gram tumbuhan kiapu sebesar 0,009 g/L

Konsentrasi logam berat Kromium Total (Cr) pada tumbuhan kiapu tetap mengalami penurunan dikarenakan penyerapan Kromium pada air limbah terjadi pada proses yang dinamakan rizhofiltrasi. Rizhofiltrasi merupakan suatu proses di mana terjadi pengendapan zat kontaminan seperti logam berat oleh akar (Puspitasari, 2018). Pengendapan zat kontaminan yang kurang sempurna, menyebabkan kadar kromium tetap menurun dikarenakan air limbah ini sedikit terkena tetesan air hujan. Air limbah yang disimpan dalam 24 baskom, ditutup dengan karpet tetapi di ruangan terbuka. Namun kadar kromium ini tetap terserap dengan baik, dikarenakan kemampuan mengikat logam kromium oleh tanaman kiapu pada bagian akar serabut yang lebat dan daunnya segar.

Tumbuhan ini dapat berkembang biak dengan cepat, karena dapat dilakukan secara generatif dan juga secara vegetatif dengan menggunakan stolon. Sehingga dengan adanya kemampuan tersebut, maka tumbuhan ini dapat tumbuh dan

memperluas serta membentuk koloni besar yang menutupi seluruh permukaan yang tersedia bagi mereka. Akar yang dimiliki tumbuhan ini adalah akar serabut dan membentuk suatu struktur berbentuk seperti keranjang dan dikelilingi gelembung udara, sehingga meningkatkan daya apung tumbuhan tersebut (Kamran, 2019).

Dibandingkan dengan baku mutu limbah cair yang menyebutkan bahwa batas maksimal konsentrasi kromium total untuk jenis penyamakan kulit yaitu 0,002 g/L sedangkan hasil penelitian yang paling efektif yaitu perlakuan 100 gram tumbuhan kiapu sebesar 0,009 g/L dapat dianalisis bahwa kadar kromium masih sedikit lebih tinggi. Sebaiknya perlakuan tumbuhan kiapu diperbanyak lebih dari 100 gram, misalkan 150 gram atau 200 gram agar tanaman kiapu dapat lebih berpengaruh secara efektif dan maksimal.

Hasil uji Kruskal Wallis menunjukkan nilai sig. (0,015) < α (0,05) maka H_0 ditolak atau H_a diterima, sehingga pada penelitian tersebut tumbuhan kiapu (*Pistia stratiotes*) berpotensi dalam penurunan kadar kromium pada air limbah pabrik kulit.

Untuk memperoleh unsur hara di lingkungan tumbuhnya, pertumbuhan akar tanaman mempunyai pengaruh yang besar. Perakaran lebat berbentuk seperti benang (tumbuhnya akar) akan mampu menyerap unsur hara dengan baik pula. Pada proses fitoremediasi yang memegang peran penting untuk mengurangi atau menyerap kandungan polutan di air limbah yaitu akar. Tumbuhan kiapu (*Pistia stratiotes*) dapat menyerap kontaminan sejauh akar tanaman dapat tumbuh. Fitoremediasi juga berdasarkan pada kemampuan tumbuhan dalam menstimulus aktivitas biodegradasi oleh mikroba yang berasosiasi dengan akar (*phytostimulation*). Penurunan kadar kromium tergantung pada kemampuan tumbuhan dalam menstimulus aktivitas biodegradasi oleh mikroba yang berasosiasi dengan akar. Tanaman air mampu menyerap air melalui proses transpirasi dari daun (Regina, 2018)

Berdasarkan hasil penelitian, sangat dianjurkan bagi para pemilik pabrik kulit untuk bisa mengurangi kadar kromium dengan cara menggunakan tanaman kiapu (*Pistia stratiotes*). Kadar kromium dalam air limbah harus diserap oleh tumbuhan, dikarenakan tumbuhan dapat berfungsi sebagai agen fitoremediasi. Agen fitoremediasi tersebut merupakan tumbuhan yang bisa digunakan untuk dekontaminasi limbah dengan salah satu metode penanganan area yang tercemar. Dalam penelitian ini tumbuhan yang dipakai yaitu tumbuhan kiapu (*Pistia stratiotes*). Salah satu mekanisme fitoremediasi yang cocok yaitu rhizofiltrasi. Rhizofiltrasi ini menggunakan proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar, agar menempel pada akar kemudian menyerap, mengendapkan dan mengakumulasi logam berat kromium dari air limbah. Metode rhizofiltrasi ini biasanya digunakan pada limbah cair, sehingga air limbah pabrik kulit ini sangat cocok menggunakan akar tanaman kiapu sebagai agen fitoremediasi.

Penggunaan tanaman lebih aman dibandingkan dengan penggunaan bahan kimia untuk menangani polutan karena proses yang terjadi dengan melibatkan tumbuhan adalah proses alami. Penggunaan tanaman juga menghindarkan kontak langsung antara pekerja dengan polutan sehingga dapat menghindarkan pekerja dari bahaya keracunan. Disamping itu penggunaan tanaman dapat menambah keindahan lokasi penanganan polutan dan akan memberikan nilai estetika.

Senyawa kromium (VI) yang masuk ke dalam tubuh akan ikut dalam proses fisiologis atau metabolisme tubuh. Senyawa yang mempunyai berat molekul rendah terdapat dalam sel darah dapat melarutkan kromium dan ikut terbawa ke seluruh tubuh bersama peredaran darah. Ion-ion Cr^{6+} dalam proses metabolisme tubuh akan menghambat kerja dari enzim benzopiren hidroksilase sehingga dapat mengakibatkan perubahan dalam kemampuan pertumbuhan sel, sehingga sel-sel menjadi tumbuh secara liar dan tidak terkontrol, atau yang disebut dengan istilah kanker (Palar, 2008).

Dampak kadar kromium bagi kesehatan manusia (Widyastuti dan Ester, 2002) yaitu :

a. Efek Pada Kulit

Asam kromik, dikromat dan kromium VI selain iritan kuat juga korosif. Letak luka biasa di akar kuku, persendian dan selaput antara jari, bagian belakang tangan dan lengan. Karakteristik luka karena krom mula-mula melepuh (papulae) kemudian terbentuk luka dengan tepi yang meninggi dan keras. Penyembuhan luka lambat, bisa beberapa bulan dan luka tidak sakit diduga ada gangguan syaraf perifer. Dermatitis alergi dengan eksim pernah dilaporkan terjadi pada pekerja percetakan, semen, metal, pelukis dan penyamak kulit. Diperkirakan bahwa krom (III) protein kompleks yang bertanggungjawab atas terjadinya reaksi alergi.

b. Efek pada ginjal

Gangguan pada ginjal terjadi setelah menghirup dan menelan kromium. Kenaikan kadar Beta-2 mikroglobulin dalam urin merupakan indikator adanya kerusakan tubulus. Urinary treshold untuk efek nefrotik diperkirakan 15 µg/gram kreatinin.

c. Efek pada hati

Bila terjadi 20% tubuh tersiram asam kromat akan mengakibatkan kerusakan berat hepar dan terjadi kegagalan ginjal akut.

d. Efek karsinogenik :

Kromium (VI) sebagai penyebab kanker paru, sedangkan kromium (III) tidak. Kanker paru timbul 20 tahun setelah terpajan kromium dengan jangka waktu pemaparan sekitar 2 tahun. Logam kromium yang masuk ke dalam tubuh akan mengalami proses metabolisme. Tubuh merubah komposisi zat kimia yang masuk ke tubuh sehingga menjadi lebih larut air untuk dapat dibuang ke luar tubuh. Zat kimia tersebut menjalani biotransformasi yang merupakan salah satu fungsi penting hati yang dapat mendetoksifikasi dan menyederhanakan suatu zat sehingga lebih mudah diekskresikan melalui paru-paru, ekskrin, kulit dan traktus intestinal.

e. Efek Fisiologi

Krom (III) merupakan unsur penting dalam makanan yang mempunyai fungsi menjaga agar metabolisme glukosa, lemak, dan kolesterol berjalan normal. Data

kebutuhan krom perhari diperkirakan sekitar 50-200 $\mu\text{gr/hr}$. jarang terjadi defisiensi krom, bila kebanyakan terjadi pada penderita diabetes, malnutrisi dan mereka yang mendapat makanan melalui parenteral. Faktor utama terjadinya toksisitas dari krom adalah “oxidation state” dan daya larutnya. Krom (VI) mudah menembus membran sel dan akan terjadi reduksi di dalamnya. Organ utama yang terserang karena krom adalah terhisap oleh paru-paru, organ lain yang bisa terserang adalah ginjal, liver, kulit dan sistem imunitas.

Kromium yang berada di perairan dapat menyebabkan penurunan kualitas air serta membahayakan lingkungan dan organisme akuatik (Susanti dan Henny, 2008). Dampak yang ditimbulkan bagi organisme akuatik yaitu terganggunya metabolisme tubuh akibat terhalangnya kerja enzim dalam proses fisiologis. Kromium dapat menumpuk dalam tubuh dan bersifat kronis yang akhirnya mengakibatkan kematian organisme akuatik (Palar, 2008).

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa tumbuhan kiapu (*Pistia stratiotes*) berpotensi dalam penurunan kadar kromium air limbah pabrik kulit sebagai berikut :

1. Kadar Kromium pada air limbah pabrik kulit sebelum menggunakan tumbuhan kiapu (*Pistia stratiotes*) adalah sebesar 0,172 g/L.
2. Kadar Kromium pada air limbah pabrik kulit sesudah menggunakan tumbuhan kiapu (*Pistia stratiotes*) adalah perlakuan tanpa tumbuhan kiapu (kontrol) sebesar 0,078 g/L, pada perlakuan 50 gram tumbuhan kiapu sebesar 0,018 g/L, pada perlakuan 75 gram tumbuhan kiapu sebesar 0,014 g/L dan pada 100 gram tumbuhan kiapu sebesar 0,009 g/L.
3. Tumbuhan kiapu (*Pistia stratiotes*) yang paling efektif dalam penurunan kadar kromium pada air limbah pabrik kulit adalah 100 gram tumbuhan/5L air limbah.

B. Saran

Sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan, bahwa terdapat pengaruh fitoremediasi tumbuhan kiapu dalam penurunan kadar kromium pada air limbah pabrik kulit, maka peneliti memberikan saran yang perlu disampaikan yaitu :

1. Bagi pemilik pabrik kulit diharapkan untuk menggunakan tanaman kiapu (*Pistia stratiotes*) sebagai agen fitoremediasi terhadap air limbah pabrik kulit dan diharapkan memperhatikan baku mutu kadar kromium yang telah ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup, yaitu batas maksimal konsentrasi kromium total untuk jenis penyamakan kulit adalah 2,0 mg/L atau 0,002 g/L.
2. Bagi peneliti berikutnya diharapkan untuk memperbanyak tanaman kiapu lebih berat dari 100 gram/ 5L air limbah agar lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Adib, A., Parkhan, A., & Immawan, T. (2018). Analisis Kelayakan Industri Penyamakan Kulit di Kawasan Industri Aceh Ladong, Aceh Besar, Aceh. *Teknoin*, 24(1), 01-08.
- Aningrum. S. (2006). Optimilisasi Jerapan Kromium Trivalent oleh Zeolit Lampung dengan Metode Lapik Tetap dan Perlakuan Kromium Limbah Penyamakan Kulit. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor
- Callister, William D. 2007. *Materials Science and EngineeringAn Introduction*. 7th edition. John Wiley & Sons, Inc. Singapura.
- Cavaco, S.A., Fernandes, S.,August, C.M. Quina, M.J., Gando-Ferreira, L.M. exchange resins for separating Cr(III) from industrialeffluents, *Journal of Hazardus Materials*, 169, pp. 516-523.
- Effendy, (2006), *Spektroskopi UV-Vis Senyawa Koordinasi*. Skripsi Pendidikan Kimia Program Pascasarjana, Universitas Malang, Malang.
- Erviana, E. (2016). *Amobilisasi Ion Krom Total Dari Limbah Industri Electroplating Desa Ngingas Menggunakan Geopolimer Dari Abu Layang PT Ipmomi* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Fachria, R., Ramdan, H., & Aryantha, I. N. P. (2019). Efektivitas pengolahan limbah cair industri penyamakan kulit Sukaregang Garut dengan adsorben karbon aktif dan ijuk. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*, 379-388.
- Glick, B. R. (2010). Using Soil Bacteria to facilitate phytoremediation *Biotechnology Advances*.<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.02.068>
- ITRC. 2001. *Technical and Regulatory Guidance Document: Phytotechnology*. Interstate Technology Regulatory Council. USA
- Kamran, E. (2019). *Pengaruh Penambahan Tepung Apu-Apu (Pistia Stratiotes) Pada Pakan Komersial terhadap Laju Pertumbuhan Dan Kelangsungan Hidup Ikan Nila (Oreochromis nilotics)* (Doctoral dissertation, Fakultas Perikanan).
- Mukarromah, L. (2008). *Efektifitas Bioflokulan Biji Kelor (Moringa Oleifera Lamk.) dalam mengurangi kadar Cr (VI)* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).

- Morin, J. V., & Santi, D. (2020). Studi Fitoremediasi Logam Timbal(Pb) Dan Kadmium (Cd) Oleh Tanaman Kayambang (*Salvinia molesta*). *Jurnal Natural*, 16(2), 85-95.
- Nugraha, P. S. (2014). *Kajian Pemanfaatan Tanaman Kayu Apu (Pistia stratiotes) Sebagai Penyerap Logam Berat Kromium (Cr) pada Air Sungai Cikijing Tercemar Limbah Industri Tekstil* (Doctoral dissertation Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya).
- Nurfitriana, F. (2019). *Fitoremediasi Air Tercemar Timbal (Pb) menggunakan tanaman Apu-Apu (Pistia Stratiotes) dengan Sistem Kontinyu* (Doctoral dissertation, UIN Sunan Ampel Surabaya).
- Nursagita, Y. S., & Titah, H. S. (2021). Kajian Fitoremediasi untuk Menurunkan Konsentrasi Logam Berat di Wilayah Pesisir Menggunakan Tumbuhan Mangrove (Studi Kasus: Pencemaran Merkuri di Teluk Jakarta). *Jurnal Teknik ITS*, 10(1), G22-G28.
- Palar, H., 2008. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta. Jakarta.
- Pratiwi, D.T. (2013). Penentuan Kadar Kromium dalam Limbah Industri melalui Pemekatan dengan Metode Kopresipitasi Menggunakan Cu-Pirolidin Dithiokarbomat. Skripsi Jurusan Kimia Fakultas dan Ilmu Pengetahuan alam. Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Puspitasari, I. (2018). Penurunan Kadar Kromium Total Pada Limbah Penyamakan Kulit Menggunakan Sistem Kombinasi Adsorpsi Kolom Dan Fitoremediasi. *Jurnal Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia*.32 (3), 1-12
- 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).
- Putra, E.D., 2010. *Toksisitas dan Akumulasi Logam Berat Seng (Zn) Terhadap Rumbuan Obor (Typha latifolia) pada Proses Fitoremediasi*. Skripsi, Universitas Srambi Mekah, Banda Aceh.
- Regina, R. (2018). *Fitoremediasi Logam Kromium (Cr) pada Limbah Cair Usaha Sablon menggunakan Kayu Apu (Pistia stratiotes)* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar).
- Rijal, M. 2014 *Studi Morfologi kayu Apu (Pistia stratiotes) dan Kiambang (Salvinia molesta),”* IAIN Ambon. Ambon
- Riyani, M. R. E. (2020). *Verifikasi Metode Uji Kromium Heksavalen pada Cat Tembok Secara Spektrofotometri UV-Visibel di Laboratorium Balai Besar*

Kimia dan Kemasan. Skripsi Jurusan Analisis Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Islam Indonesia

- Sarma, H. (2011). Metal Hyperaccumulation in Plants: A Review Focusing on Phytoremediation Technology. *Journal of Environmental Science and Technology*, 4(2), 118–138. <https://doi.org/10.3923/jest.2011.118.138>
- Shasti, H., & Siregar, T. A. P. (2017). Uji Aktivitas Antibiotik Ekstrak Buah Andaliman (*Zanthoxylum Acanthopodium* DC) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *staphylococcus aureus* Secara In Vitro. *Jurnal Ibnu Sina Biomedika*, 1(1), 49-56.
- Sidauruk, L. (2015). Phytoremediation of Contaminated Land at Medan Industrial Area by Ornamental Plants. *Jurnal Pertanian Tropik*, 2(2), 178-186.
- Sidauruk, L., & Sipayung, P. (2015). Fitoremediasi Lahan Tercemar Di Kawasan industri Medan Dengan Tanaman Hias. *Jurnal Pertanian Tropik ISSN Online No*, 2356, 4725.
- Simatupang, I., Fatonah, S., & Iriani, D. (2015). *Pemanfaatan Kiambang (Salvinia Molesta D. Mitch) Untuk Fitoremediasi Limbah Pulp dan Kertas* (Doctoral dissertation, Riau University).
- Sugihartono, S. (2016). Pemisahan krom pada limbah cair industri penyamakan kulit menggunakan gelatin dan flokulan anorganik. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, 32 (1), 21- 30.
- Sukoco, I., & Muhyi, H. A. (2015). Ecopreneurship Dalam Menumbuhkan Usaha Berwawasan Lingkungan Pada Sentra Industri Penyamakan Kulit Sukaregang Kabupaten Garut. *Sosiohumaniora*, 17(2), 156-165.
- Sukono, G. A. B., Hikmawan, F. R., Evitasari, E., & Satriawan, D. (2020). Mekanisme Fitoremediasi. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 2(2), 40-47.
- Sundayana, R. (2016) *Statistika Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- Susanti, E., dan Henny., 2008. *Pedoman Pengolahan Limbah Cair yang mengandung Kromium dengan Sistem Lahan Basah Buatan dan Reaktor Kolom*. Pusat Penelitian Limnologi. LIPI Cibinong.
- Tangahu, B. V., Sheikh Abdullah, S. R., Basri, H., Idris, M., Anuar, N., & Mukhlisin, M. (2011). A Review on Heavy Metals (As, Pb, and Hg) Uptake by Plants through Phytoremediation. *International Journal of Chemical Engineering*, 2011, 1–31. <https://doi.org/10.1155/2011/939161>

- Taufiq Immawan, S. T. (2018). *Analisis Kelayakan Industri Penyamakan Kulit Di Kawasan Industri Aceh Ladong, Aceh Besar, Aceh* (Master's thesis, Universitas Islam Indonesia).
- Vamerali, T., Bandiera, M., & Mosca, G. (2010). Field crops for phytoremediation of metal-contaminated land. A review. *Environmental Chemistry Letters*, 8(1), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s10311-009-0268-0>
- Wang, L., Ji, B., Hu, Y., Liu, R., & Sun, W. (2017). A review on in situ phytoremediation of mine tailings. *Chemosphere*, 184, 594–600. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.06.025>
- Widyastuti, P., dan Ester, M., (2002). *Bahaya Bahan Kimia pada Kesehatan Manusia dan Lingkungan*. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Wirandani, E. K. (2016). *Pemanfaatan Kiapu (Pistia Stratiotes) Sebagai Tanaman Fitoremediasi Dalam Proses Pengolahan Limbah Tambak Udang Vannamei* (Doctoral dissertation, UII).
- Wirawan, W.A., Wirosodarmo, R., & Susanawati, L. D. (2014). Pengolahan Limbah Cair domestik menggunakan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dengan teknik tanam hidroponik sistem DFT (deep flow technique). *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 1(2), 63-70
- Zakkiyah, A. F. (2018). *Analisis Sistem Alir Multi-Commutation Untuk Penentuan Kromium Heksavalen (Cr⁶⁺) Pada Limbah Elektroplating Secara Spektrofotometri*. Skripsi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember, Jember.

LAMPIRAN A**ALAT DAN BAHAN PENELITIAN**

1. Alat yang digunakan dalam Penelitian



Oven



Neraca Analitik



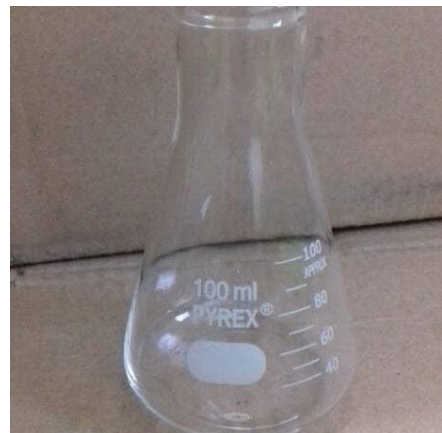
Lemari Asam



Jerigen



Baskom (Plastik)



Labu Erlenmeyer



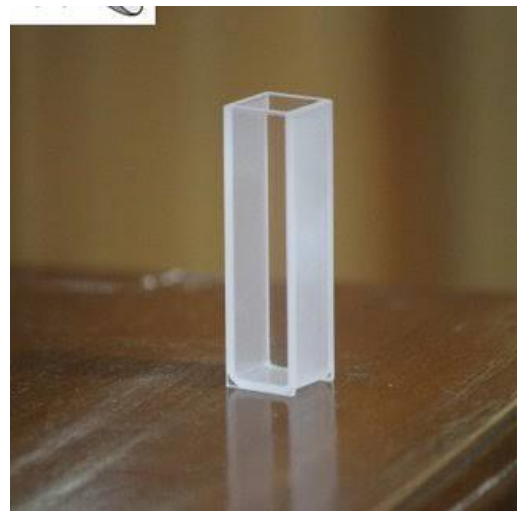
Botol Sampel



Pipet Tetes



Kertas Label



Kuvet



Spatula



Labu Ukur



Corong



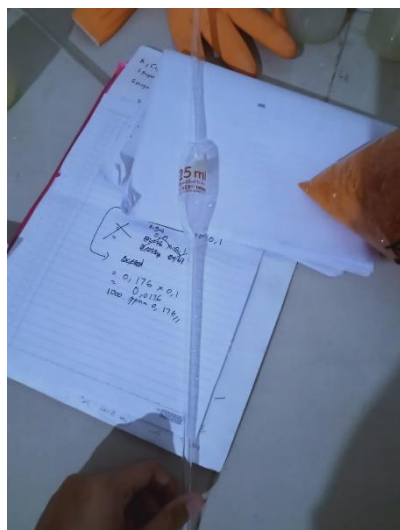
Gelas Kimia



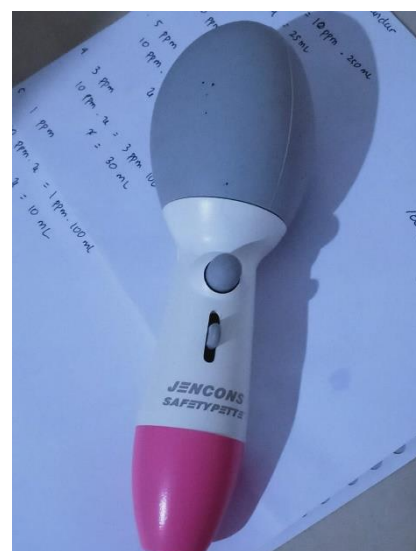
Jala



Gelas Ukur



Pipet Volume



Pipet Volume



Baki

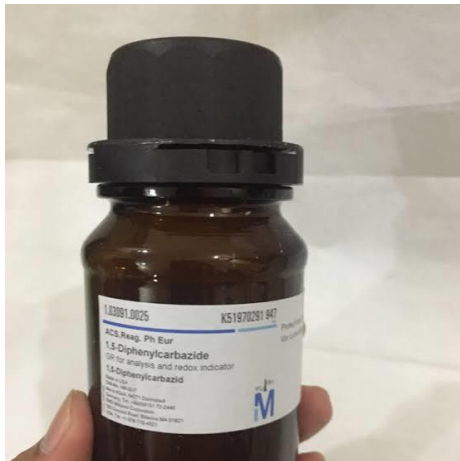


Rak dan Tabung Reaksi



Spektrofotometer Uv-Visibel
(Kromium Heksavalen)

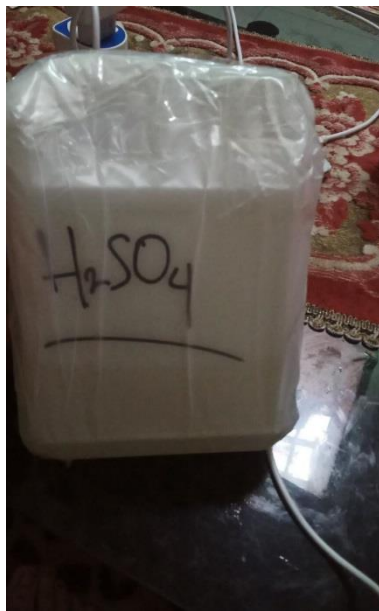
2. Bahan yang digunakan dalam Penelitian



Difenil Carbazid



Air Limbah Pabrik Kulit



H₂SO₄ 98%



Chromium (VI)



Tumbuhan Kiapu



LAMPIRAN B DATA PENELITIAN

1. Data Hasil Absorbansi Air Limbah Pabrik Kulit Sebelum Perlakuan Tumbuhan Kiapu

Sampel	Absorbansi						Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	
Tanpa Tumbuhan kiapu	0,098	0,077	0,092	0,138	0,083	0,009	0,096
50 g tumbuhan kiapu	0,069	0,097	0,102	0,098	0,078	0,078	0,087
75 g tumbuhan Kiapu	0,077	0,064	0,098	0,077	0,317	0,333	0,161
100 g tumbuhan kiapu	0,098	0,075	0,079	0,097	0,597	0,087	0,172

2. Data Hasil Absorbansi Air Limbah Pabrik Kulit Sebelum Perlakuan Tumbuhan Kiapu

Sampel	Absorbansi						Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	
Tanpa Tumbuhan kiapu	0,092	0,008	0,020	0,008	0,013	0,014	0,026
50 g tumbuhan kiapu	0,007	0,005	0,010	0,010	0,008	0,020	0,010
75 g tumbuhan Kiapu	0,008	0,013	0,009	0,004	0,009	0,014	0,009
100 g tumbuhan kiapu	0,010	0,009	0,005	0,003	0,008	0,007	0,007

3. Data Hasil Perolehan Kadar Kromium dalam Sampel Sesudah Perlakuan Tumbuhan Kiapu

Sampel	Absorbansi Rata-rata	Konsentrasi (Ppm)	Kadar Kromium (g/L)
Tanpa Tumbuhan kiapu	0,026	0,0030	0,078
50 g tumbuhan kiapu	0,010	0,0018	0,018
75 g tumbuhan Kiapu	0,009	0,0016	0,014
100 g tumbuhan kiapu	0,007	0,0013	0,0091

4. Hasil Uji Normalitas

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
Absorbansi rata- rata	.301	4	-	.897	4	.414
Konsentrasi (Ppm)	.317	4	-	.866	4	.282
Kadar Kromium (%)	.346	4	-	.814	4	.130

5. Hasil Uji Homogenitas

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Homogenitas	Based on Mean	5.640	2	9	.026

6. Hasil Uji Kruskal-Wallis

	Kromium
Kruskal-Wallis	8.346
Df	2
Asymp. Sig	.015

LAMPIRAN C

DOKUMENTASI PENELITIAN



Penimbangan Perlakuan Kiapu 50 g



Penimbangan Perlakuan Kiapu 75



Penimbangan Perlakuan Kiapu Sebanyak 100 g



Sampel didedahkan Hari Ke-9



Pengukuran Sesudah Perlakuan Tumbuhan



Pengadukan Bahan Kimia



Pengukuran Sebelum Perlakuan Tumbuhan

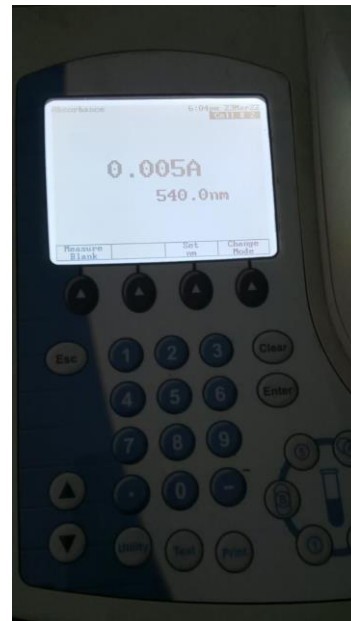
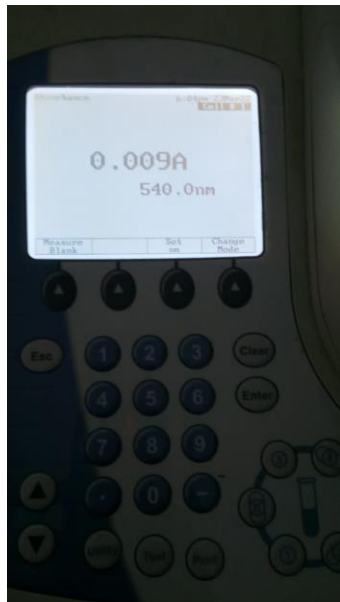


Penimbangan Difenil Carbazid



Pengukuran Kadar Kromium

Nilai Absorbansi Perlakuan Tumbuhan Kiapu 100 Gram



Nilai Absorbansi Perlakuan Tanpa tumbuhan Kiapu

