

TUGAS AKHIR
ANALISIS EFEKTIVITAS METODE FITOTREATMENT
DENGAN *Salvinia molesta* DALAM MENURUNKAN
KADAR Cr (VI) PADA *TANNERY WASTEWATER*

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



Lucy Pritha Wardhani
20513047

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2024

TUGAS AKHIR

ANALISIS EFEKTIVITAS METODE FITOTREATMENT DENGAN *Salvinia molesta* DALAM MENURUNKAN KADAR Cr (VI) PADA *TANNERY WASTEWATER*

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan

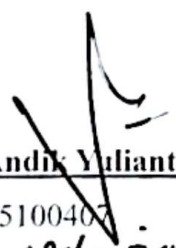


Disusun Oleh :

Lucy Pritha Wardhani

20513047

Disetujui,
Dosen Pembimbing:


Dr. Ir. Andik Yulianto, S.T., M.T.

NIK. 025100407

Tanggal : 12/10/24


Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.

NIK. 155130112

Tanggal :

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII


Any Juliani, S.T., M.Sc., (Res.Eng.), Ph.D.

NIK. 045130401

Tanggal :

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

HALAMAN PENGESAHAN
ANALISIS EFEKTIVITAS METODE FITOTREATMENT
DENGAN *Salvinia molesta* DALAM MENURUNKAN KADAR
Cr (VI) PADA *TANNERY WASTEWATER*

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Kamis

Tanggal : 24 Oktober 2024

Disusun Oleh :

Lucy Pritha Wardhani
20513047

Tim Penguji :

- Dr. Ir. Andik Yulianto, S.T., M.T.
- Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.
- Dr. Joni Aldila Fajri, S.T., M.Eng

() 22/10/24
()
()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar Pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, Oktober 2024

Yang membuat pernyataan,



Lucy Pritha Wardhani

NIM : 20513047

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji Syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan hidayahNya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “**Analisis Efektivitas Metode Fitotreatment dengan *Salvinia molesta* dalam Menurunkan Kadar Cr (VI) Pada Tannery Wastewater**”. Penyusunan tugas akhir ini dimaksudkan sebagai prasyarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 (S1) Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Selain itu, pada kesempatan ini peneliti ingin mengucapkan terima kasih kepada beberapa pihak yang telah turut membantu dalam penyusunan tugas akhir ini, yaitu:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesempatan, nikmat, dan karuniaNya sehingga atas ridhoNya peneliti dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua peneliti, Bapak Drs. Heru Lutrianto dan Ibu Dra. Sri Rianingsih yang senantiasa memberikan dukungan dan doa untuk kelancaran penyusunan tugas akhir ini.
3. Ibu Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng), Ph. D. selaku Kepala Prodi Teknik Lingkungan.
4. Bapak Dr. Ir. Andik Yulianto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah berkenan meluangkan waktunya untuk membimbing peneliti dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Ibu Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang juga telah berkenan meluangkan waktunya untuk membimbing peneliti dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Lingkungan yang telah memberikan ilmu dan dedikasinya selama peneliti menempuh studi.
7. Kepada para laboran yang juga turut serta dalam membantu dan membimbing selama proses pengerjaan tugas akhir.

8. Kepada Mba Ratri, Mas Frida, Mba Dyah, Kak Rifaldy, Dimas, Narendra, Sakha, Keluarga Besar Hidjazie Kartawidjaja, Keluarga Besar P.H.Edisuryono, dan Keluarga Besar R.Oetomo, selaku keluarga yang telah memberi dukungan dan dorongan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Keluarga Teknik Lingkungan UII Angkatan 2020.

Semoga Allah memberikan pertolongan dan pahala kepada semua pihak yang telah membantu peneliti dalam proses penyusunan tugas akhir ini. Penulis juga meminta maaf apabila dalam penulisan tugas akhir ini ada tutur kata atau perbuatan yang kurang berkenan, peneliti dengan segenap hati menyampaikan permohonan maaf.

Akhirnya peneliti berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi sesama dan dapat digunakan untuk tujuan pendidikan.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 24 Oktober 2024

Peneliti,



Lucy Pritha Wardhani

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRACT

Wardhani, Lucy Pritha. “*Analysis of The effectiveness of The Phytotreatment Method using Salvinia molesta plants in Reducing Cr (VI) levels in Tannery Wastewater*” Advisor : (1) Dr. Ir. Andik Yulianto, S.T., M.T. (2) Puji Lestari S.Si., M.Sc., Ph.D.

Thesis. Environmental Engineering Major, Faculty of Civil Engineering and Planning. University of Islam Indonesia. 2024.

Tannery Wastewater contains various kinds of contaminants, which if not treated properly will cause the huge impacts for the environment. From the test of concentration of Kromium, we know that the treatment still had 0,6 ppm chromium hexavalent (Cr^{6+}) left, while the Cr^{6+} quality standard that permitted according to the Regulation of the Minister of Environment of The Republic of Indonesia Number 5 of 2014 amounting to 0,1 ppm. Due to this problem, a phytotreatment experiment was carried out with Salvinia molesta in effluent water samples from the tannery wastewater treatment plant. To maximize the experiment of phytotreatment method with Salvinia molesta as the agent of contaminant reducer, Cr^{6+} was added to the wastewater sample until 10 ppm concentration. In the phytotreatment test, the wastewater with 75% dilution had been used with a ratio of wastewater and PDAM water is 1:3 with 2,49 ppm concentration of Cr^{6+} . After the phytotreatment method had been applied for 20 days, the Salvinia molesta successfully reduced Cr^{6+} 92,36% until the final concentration is 0,26 ppm, conductivity of wastewater until 48,37%, the Total Dissolved Solid parameter until 8,8%, also Chemical Oxygen Demand parameter until 44,42%. Even if the reduction of Cr^{6+} were not qualified with the quality standard, but consider of the accumulation of Cr^{6+} on Salvinia molesta with percentage 92,36% which the efficiency removal in general were 85 – 90%, this method can be categorized as the quite efficient method to reducing Cr^{6+} in biological way.

Keyword : *Chromium hexavalent, Heavy metal, Phytotreatment, Tannery wastewater,*

ABSTRAK

Wardhani, Lucy Pritha. “Analisis Efektivitas Metode Fitotreatment Menggunakan Tumbuhan *Salvinia molesta* dalam Menurunkan Kadar Cr (VI) pada Tannery Wastewater” **Pembimbing : (1) Dr. Ir. Andik Yulianto, S.T., M.T. (2) Puji Lestari S.Si., M.Sc., Ph.D.**

Skripsi, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, 2024.

Limbah cair penyamakan kulit mengandung berbagai macam kontaminan, yang jika tidak diolah dengan tepat akan menyebabkan dampak yang berkepanjangan bagi lingkungan. Hasil analisis menyatakan bahwa limbah cair penyamakan kulit yang telah melalui proses pengolahan masih menyisakan kromium heksavalen (Cr^{6+}) sebesar 0,06 mg/L, sementara baku mutu Cr^{6+} yang diperbolehkan menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 sebesar 0,1 mg/L. Atas permasalahan tersebut, dilakukan eksperimen fitotreatment dengan *Salvinia molesta* pada sampel air effluent pengolahan limbah cair penyamakan kulit. Untuk memaksimalkan pengujian efektivitas *S.molesta* sebagai agen fitotreatment pada penelitian ini, dilakukan penambahan Cr^{6+} pada sampel limbah cair yang telah diambil hingga konsentrasi 10 mg/L. Pada uji fitotreatment digunakan pengenceran 75% dengan perbandingan limbah cair dan air PDAM 1:3 dan didapatkan konsentrasi Cr^{6+} sebesar 2,49 mg/L. Pasca dilakukan fitotreatment selama 20 hari, didapatkan hasil penurunan Cr^{6+} sebesar 92,36% dengan konsentrasi akhir 0,26 mg/L, parameter DHL sebesar 48,37% dengan konsentrasi 382 $\mu\text{S}/\text{cm}$, parameter TDS sebesar 8,88% dengan konsentrasi 472 mg/L, dan parameter COD sebesar 44,42% dengan konsentrasi 68,91 mg/L.

Kata kunci : Fitotreatment, Kromium heksavalen, Limbah cair penyamakan kulit,
Logam berat

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Industri Penyamakan Kulit.....	4
2.1.1 Karakteristik Limbah Cair Penyamakan Kulit.....	5
2.2 Logam Berat.....	5
2.2.1 Logam Berat Kromium (Cr).....	6
2.3 Pencemaran Lingkungan.....	8
2.4 Fitotreatment	8
2.4.1 Mekanisme Fitotreatment.....	10
2.5 Tumbuhan Kiambang (<i>Salvinia molesta</i>).....	11
2.5.1 Klasifikasi Tumbuhan Kiambang.....	12
2.5.2 Morfologi Tumbuhan Kiambang	12
2.6 Baku Mutu.....	13
2.7 Metode pengolahan yang telah ada	14
2.8 Penelitian Terdahulu.....	17
BAB III METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Metode Penelitian.....	19
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	19

3.3 Alat dan Bahan	20
3.4 Metode dan Rancangan Penelitian	20
3.4.1 Pengambilan Sampel	20
3.4.2 Parameter Penelitian	20
3.4.3 Preparasi Reaktor	21
3.4.4 Reaktor Wetland	21
3.4.5 Tahap Penelitian	22
3.4.6 Variasi Pengolahan	Error! Bookmark not defined.
3.4.7 <i>Running</i> Reaktor	23
3.5 Pengukuran Parameter Uji	24
3.6 Analisis Data	25
3.7 Analisis Statistik Deskriptif	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Konsentrasi Air Limbah	26
4.2 Hasil	27
4.2.1 Penelitian Pendahuluan	27
4.2.2 Uji Fitotreatment	30
4.3 Pembahasan	33
4.3.1 Pertumbuhan <i>Salvinia molesta</i> terhadap proses Fitotreatment	33
4.3.2 Efektivitas Fitotreatment dalam Menurunkan Cr (VI)	34
4.3.3 Korelasi Penurunan Parameter Lain terhadap Proses Fitotreatment	35
4.3.4 Kaitan Waktu Tinggal Tumbuhan terhadap Efektivitas Fitotreatment.	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Industri Penyamakan Kulit.....	13
Tabel 2.2 Klasifikasi air berdasarkan Daya Hantar Listrik	14
Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu	17
Tabel 3.1 Alat dan Bahan	18
Tabel 3.2 Keterangan Reaktor	19
Tabel 3.3 Acuan uji parameter Cr^{6+} , DHL, TDS dan COD	23
Tabel 4.1 Hasil Pembacaan konsentrasi awal limbah cair	25
Tabel 4.2 Hasil Pembacaan Konsentrasi Pasca Penambahan Larutan Cr (VI) ...	25
Tabel 4.3 Reaktor Uji Fitotreatment	29
Tabel 4.4 Dokumentasi Reaktor Fitotreatment	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses produksi, input dan output.....	4
Gambar 2.2 Tumbuhan Kiambang (<i>Salvinia molesta</i>)	12
Gambar 2.3 Layout IPAL perusahaan.....	16
Gambar 4.1 Proses Propagasi hari ke -1 dan hari ke-30 (kiri ke kanan)	26
Gambar 4.2 Proses Aklimatisasi	27
Gambar 4.3 Reaktor RFT hari ke-0 dan hari ke-4 (kiri ke kanan)	28
Gambar 4.4 Grafik Pertumbuhan Daun pada Tahap RFT	28
Gambar 4.5 Grafik Pertumbuhan Daun selama Proses Fitotreatment	32
Gambar 4.6 Konsentrasi Parameter Cr (VI)	33
Gambar 4.7 Konsentrasi Cr (VI) tiap reaktor	34
Gambar 4.8 Konsentrasi DHL pada tiap reaktor dan Perbandingan Cr ⁶⁺ & DHL	35
Gambar 4.9 Konsentrasi Parameter TDS	36
Gambar 4.10 Konsentrasi TDS tiap reaktor	36
Gambar 4.11 Konsentrasi parameter COD	37
Gambar 4.12 Konsentrasi COD tiap reaktor	38

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Pengukuran Parameter krom (VI)
- Lampiran 2 : Pengukuran Parameter Daya Hantar Listrik (DHL)
- Lampiran 3 : Pengukuran Parameter Total Dissolved Solid (TDS)
- Lampiran 4 : Pengukuran Parameter Chemical Oxygen Demand (COD)
- Lampiran 5 : Perhitungan

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran lingkungan merupakan permasalahan yang perlu mendapatkan perhatian khusus mengingat potensi pencemaran lingkungan yang dapat berasal dari berbagai aspek, salah satunya limbah. Salah satu jenis limbah berdasarkan karakteristik fisiknya ialah limbah cair yang merupakan gabungan dari air dan cairan yang mengandung zat-zat polutan yang berasal dari perumahan, perkantoran, kawasan industri ataupun institusi kependidikan ((Widjajanti dkk. (2008)) dalam Merdekaningsih, 2013).

Industri penyamakan kulit merupakan salah satu sektor industri di Indonesia yang hingga kini banyak menggunakan bahan kimia dalam proses pengolahannya. Penggunaan bahan kimia dinilai lebih efektif dalam menjaga Tingkat elastisitas kulit, yang tentu berpengaruh pada kualitas kulit yang dihasilkan. Penggunaan bahan kimia berupa Krom (*Cr*), Sulfida (*S*), Klorida (*Cl*) dan bahan kimia lainnya memiliki tujuan masing-masing di berbagai langkah pengolahan. Oleh sebab itu, hingga kini penggunaan bahan kimia dinilai sebagai metode paling efektif pada proses penyamakan kulit.

Namun di sisi lain, industri penyamakan kulit juga menjadi industri dengan limbah yang sering kali dipermasalahkan pengelolaan dan dampaknya. Penggunaan berbagai bahan kimia tersebut memiliki andil yang cukup besar dalam pencemaran lingkungan dan merugikan masyarakat sekitar. Senyawa kimia yang larut ke dalam air dan terbawa hingga ke perairan warga berpotensi membahayakan kesehatan apabila dikonsumsi. Oleh karena itu, diperlukan *treatment* lanjutan dengan metode sederhana yang dapat diaplikasikan pada pengolahan limbah cair industri penyamakan kulit skala kecil – menengah sehingga dapat meminimalisir dampak yang diterima masyarakat dan lingkungan sekitar di masa yang akan datang.

Phytotreatment merupakan salah satu metode *advanced treatment* yang cara kerjanya memanfaatkan sistem metabolisme tumbuhan sebagai media penyerap

kontaminan sehingga dapat menurunkan kadar pencemar pada air limbah (Damanik & Purwanti, 2018). *Phytotreatment* dapat dilakukan secara *in-situ* atau dilakukan langsung pada tanah atau area yang terkontaminasi limbah maupun *ex-situ* atau dilakukan di luar area terkontaminasi seperti area remediasi maupun kolam buatan (Subroto, 1996). Pada jenis tumbuhan tertentu, metode ini dapat secara efektif menyerap kandungan logam berat pada media terkontaminasi, baik pada tanah, udara maupun air.

Dari latar belakang serta uraian singkat yang telah dijelaskan diatas, ditemukan beberapa masalah yang menarik untuk dikaji lebih lanjut, yaitu konsentrasi pencemar sebelum dan setelah dilakukannya metode *phytotreatment* serta efektivitas metode tersebut pada kondisi area dengan karakteristik tertentu. Oleh karena itu laporan penulisan tugas akhir ini diberi judul “Analisis Efektivitas Metode Fitotreatment Dengan *Salvinia molesta* dalam Menurunkan Kadar Cr (VI) pada Limbah Cair Penyamakan Kulit”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, dapat diidentifikasi rumusan masalah dari penelitian ini adalah pengolahan limbah cair secara konvensional masih menyisakan senyawa toksik berupa Krom (VI) dan beberapa parameter lainnya yang masih belum memenuhi ketentuan.

1.3 Tujuan Penelitian

Atas dasar rumusan masalah diatas, tujuan pengkajian permasalahan ini adalah menganalisis konsentrasi Krom (VI) pada limbah cair penyamakan kulit pasca penerapan metode Fitotreatment dalam menurunkan kadar Krom (VI).

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penulisan yang telah diuraikan, manfaat dari pengkajian permasalahan ini adalah:

- a. Salah satu bahan pertimbangan dan pengembangan dalam pengolahan limbah cair khususnya pada sektor industri penyamakan kulit.

- b. Bahan bacaan untuk memperluas keilmuan sesama mahasiswa/i teknik lingkungan ataupun program studi lainnya.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup yang telah ditentukan dalam pengkajian permasalahan yang telah dijabarkan, yaitu:

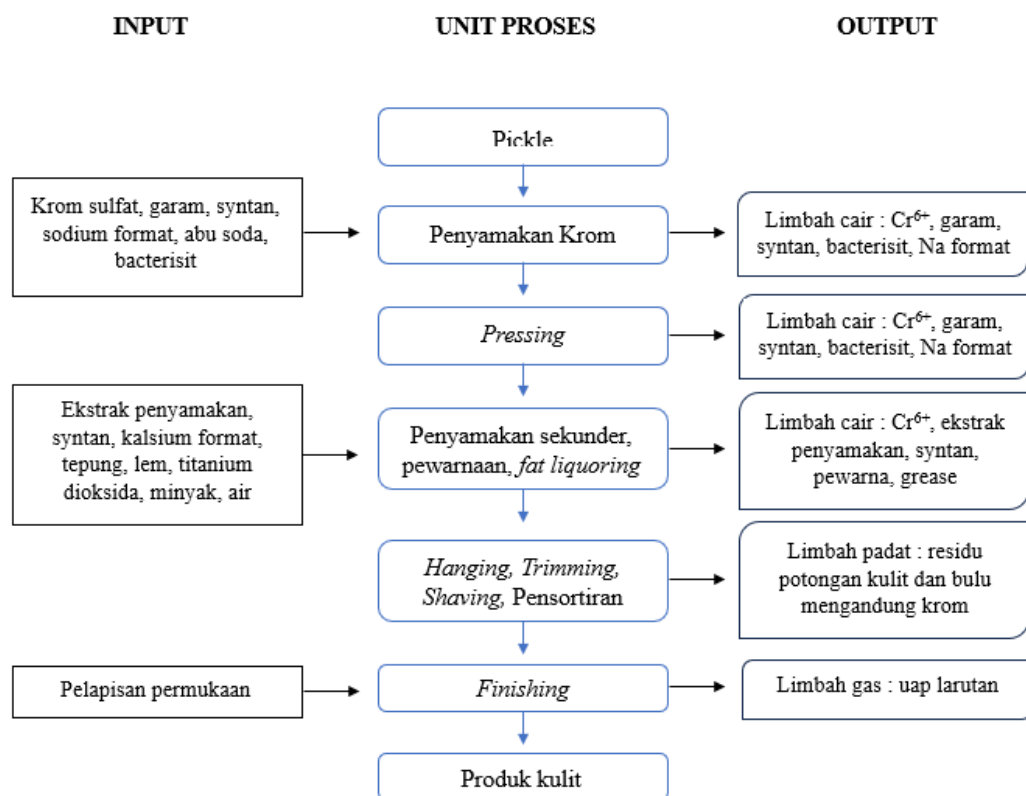
- a. Limbah cair yang akan dijadikan bahan uji merupakan effluent limbah cair penyamakan kulit terolah dari salah satu perusahaan penyamakan kulit dengan penambahan Krom (VI) sesuai kebutuhan penelitian.
- b. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Teknik Lingkungan FTSP UII.
- c. Parameter yang dijadikan fokus pada penelitian ini adalah jenis logam berat Kromium heksavalen ($Cr(VI)$) yang akan diuji menggunakan alat Spektrofotometer UV-Visible sesuai dengan SNI 6989.71:2009.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Industri Penyamakan Kulit

Industri penyamakan kulit merupakan industri yang melakukan aktivitas pengolahan terhadap kulit mentah menjadi kulit tersamak (*leather*). Tujuan dari dilakukannya penyamakan yaitu untuk mengubah sifat-sifat kulit mentah yang mudah mengalami kerusakan menjadi kulit yang tahan terhadap aktivitas mikroorganisme dan pembusukan (Prayitno, 2017).



Gambar 2.1 Proses produksi, input dan output
(Setiyono, 2014)

Gambar 2.1 menunjukkan alur proses penyamakan yang dilakukan pada suatu perusahaan industri penyamakan kulit domba atau kambing.

2.1.1 Karakteristik Limbah Cair Penyamakan Kulit

Industri penyamakan kulit termasuk salah satu industri penghasil limbah cair dengan kuantitas besar. Hal tersebut dikarenakan 1 ton kulit basah diperlukan air $\pm 40 \text{ m}^3$ dan kemudian dibuang sebagai limbah cair yang tercampur dengan bahan kimia sisa proses dan komponen kulit yang terlarut selama penyamakan (Paul dkk, 2013).

Komposisi air limbah industri penyamakan kulit cukup variatif, tergantung pada penggunaan bahan pendukungnya. Pada proses utama penyamakan kulit, perusahaan memiliki dua pilihan, yaitu penyamakan dengan daun-daunan atau penyamakan dengan bubuk kromium. Berdasarkan pengamatan di lapangan, sebagian besar perusahaan penyamakan kulit memilih menggunakan bubuk kromium karena dinilai lebih efektif, efisien dan mudah diaplikasikan.

Penyamakan kulit secara konvensional menggunakan krom menyebabkan dampak pada lingkungan karena limbah cair yang dihasilkan masih mengandung krom (Wu dkk, 2014). Walaupun krom yang digunakan pada penyamakan kulit adalah kromium trivalen (Cr^{3+}), namun tidak jarang ditemukan kromium heksavalen (Cr^{6+}) terdapat pada limbah cairnya (Giacinta dkk, 2013). Hal tersebut dikarenakan pada proses penyamakan kulit hanya mampu menyerap kromium sekitar 60 - 70% dan sisanya terbawa dalam limbah cair (Maryudi, dkk. 2021). Sehingga industri penyamakan kulit menjadi salah satu sumber utama kromium yang masuk ke dalam lingkungan akuatik (Pawlisz, dkk. 1993).

2.2 Logam Berat

Logam berat merupakan kelompok unsur logam yang memiliki berat jenis $\geq 5 \text{ gr/cm}^3$. Perbedaan logam berat dengan jenis logam lainnya terletak pada pengaruh yang dihasilkan apabila unsur tersebut berkontak di tubuh makhluk hidup. Misalnya apabila unsur logam berat jenis krom (Cr) masuk ke dalam tubuh, meskipun dalam jumlah yang kecil tentu mendatangkan dampak buruk terhadap fungsi fisiologis tubuh makhluk hidup.

Menurut Putranto (2017), karakteristik dari kelompok logam berat adalah sebagai berikut :

1. Memiliki spesifikasi gravitasi yang sangat besar (lebih dari 4).
2. Mempunyai nomor atom 22 - 34 dan 40 - 50 serta unsur-unsur lantanida dan aktinida.
3. Mempunyai respon biokimia khas (spesifik) pada organisme hidup.

Logam berat dapat berkontak dengan tubuh makhluk hidup melalui berbagai proses seperti makanan, air minum dan udara. Karena sifatnya yang cenderung terakumulasi, maka keberadaan logam berat di dalam tubuh semakin besar dan dari waktu ke waktu memberikan dampak yang semakin merusak tubuh (Ernawan dan Mahmud, 2018).

Selain berkontak secara langsung, logam berat juga dapat berkontak melalui masuknya unsur logam berat ke permukaan air. Karena massa jenisnya yang lebih berat dibandingkan massa jenis air, unsur tersebut akan mengendap di dasar perairan dan menyatu dalam sedimen. Sehingga apabila tidak dilakukan pemisahan kandungan logam berat akan semakin tinggi, yang pada akhirnya menyebabkan berbagai dampak negatif bagi lingkungan akuatik maupun ekosistem secara keseluruhan.

2.2.1 Logam Berat Kromium (Cr)

Kromium adalah salah satu unsur dari golongan logam berat dengan nomor atom 24 dengan massa atom sebesar 51,9961 u. Kromium adalah satu satunya unsur padat yang menunjukkan tingkat anti feromagnetik pada suhu ruang, namun pada suhu $\geq 38^{\circ}\text{C}$ sifatnya berubah menjadi paramagnetik.

Penggunaan utama dari senyawa kromium dalam industri adalah sebagai paduan logam seperti *stainless steel*, pelapis keramik dan plating. Kromium yang pada dasarnya memiliki sifat tahan korosi, pada produk besi apabila dipadukan dapat menghasilkan lapisan tipis yang dapat membuat produk tersebut anti oksidasi.

Namun dibalik kemanfaatannya, kromium memiliki efek samping yang tentu membahayakan baik bagi lingkungan maupun apabila berkontak dengan makhluk

hidup. Adapun beberapa contoh dari masalah kesehatan yang disebabkan dari berkontak atau masuknya kromium ke tubuh makhluk hidup :

- Ruam kulit
- Gangguan pernafasan
- Menurunnya sistem kekebalan tubuh
- Kerusakan ginjal dan hati
- Perubahan materi genetik
- kanker paru-paru
- kematian

Seberapa besar efek yang dihasilkan dari paparan kromium bergantung pada bilangan oksidasinya. Jenis krom yang berasal dari dalam alam memiliki toksisitas rendah, namun apabila berupa kromium heksavalen maka akan sangat beracun.

2.2.1.1 Kromium Trivalen (Cr (III))

Kromium trivalen (Cr(III)) merupakan unsur penting untuk organisme, ketika dosis harian terlalu rendah, dapat menyebabkan gangguan metabolisme gula dan mempengaruhi kondisi jantung. Ion Cr(III) secara termodinamika lebih stabil dalam tanah yang terendapkan sebagai besi-kromium hidroksida $(FeCr)(OH)^3$ dan kromium hidroksida $(Cr(OH)^3)$ atau termobilisasi dalam koloid tanah.

2.2.1.2 Kromium Heksavalen (Cr(VI))

Kromium heksavalen memiliki sifat yang kebalikan dengan Cr(III) yang mana dapat mengubah bahan genetik dan menyebabkan kanker. Toksisitas dari Cr(VI) diperkirakan 10 – 100 kali dari Cr(III). Cr(VI) umumnya bersifat genotoksik, mutagenic dan karsinogenik terhadap manusia dan terhadap jaringan biota tergantung dari tingkat kelarutan dan mobilitasnya.

World Health Organization (WHO) telah merekomendasikan nilai batas toleransi kandungan Cr(VI) dalam air minum sebesar 0,05 mg/L. Untuk mencapai angka batas aman seperti yang telah direkomendasikan oleh WHO, terdapat 2 cara yang dinilai cukup efektif untuk meminimalisir konsentrasi Cr(VI) pada air yang akan dikonsumsi, yaitu pengontrolan besaran Cr(VI) yang dihasilkan dari sumber antropogenis seperti limbah buangan industri atau pengolahan lebih lanjut terhadap sumber air yang telah tercemar.

2.3 Pencemaran Lingkungan

Limbah cair yang dihasilkan industri penyamakan kulit yang mencemari permukaan air lingkungan sekitarnya dengan jumlah besar tentu menyebabkan dampak negatif yang besar bagi lingkungan tersebut. Hal tersebut tentu sangat merugikan mengingat di beberapa lokasi masyarakat masih menggunakan perairan sekitar sebagai sumber air baik untuk memasak maupun kegiatan MCK.

Limbah cair yang tidak melalui proses pengolahan yang tepat sebelum dibuang ke badan air akan merusak lingkungan karena secara tidak langsung akan mengubah komposisi dari badan air tersebut, yang dapat berdampak pada matinya ekosistem akuatik perairan tersebut. Keberadaan kandungan zat toksik tentu semakin memperburuk keseimbangan ekosistem yang tentu akan menimbulkan dampak jangka Panjang seperti punahnya suatu spesies atau bahkan krisis air bersih.

Menurut Perda Provinsi D.I. Yogyakarta No.7 tahun 2016 limbah cair adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair. Limbah cair (penyamakan kulit) adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan kegiatan yang berwujud cair dari aktivitas industri penyamakan kulit. Pada umumnya limbah dari aktivitas produksi industri penyamakan kulit memiliki karakteristik yaitu terkadang berbusa pada influent, kandungan sulfida yang cukup tinggi, kandungan padatan tersuspensi (*Total Suspended Solid*) yang tinggi, pH berkisar 3 – 12, kandungan bahan organik yang tinggi, berbau busuk, dan kandungan warna yang cukup pekat (Setiyono, 2014).

2.4 Fitotreatment

Fitotreatment merupakan salah satu metode *advanced treatment* yang memanfaatkan tumbuhan sebagai akumulator suatu pencemar (Damanik dan Purwanti, 2018). Sama halnya dengan fitoremediasi, tujuan dari fitotreatment pun untuk menghilangkan, menghancurkan atau menstabilkan bahan pencemar organik maupun anorganik pada suatu lokasi tercemar, namun untuk fitotreatment dilakukan sebagai *tertiary treatment*. Metode ini memanfaatkan metabolisme tumbuhan untuk menyerap dan mengakumulasi pencemar yang kemudian akan terkumpul di tubuh tumbuhan sehingga pencemar lebih mudah dipindahkan dan diharapkan tidak menyebabkan efek samping pasca penerapannya (Budhi dan Joko, 2018).

Fitotreatment sering ditemukan dalam pengolahan air limbah, hal tersebut disebabkan karena metode ini mudah diaplikasikan, ramah lingkungan, hemat biaya, dan lebih efisien dibanding metode *advance* lainnya. Selain itu, pada tumbuhan hiperakumulator memiliki kemampuan dalam mengakumulasi logam berat dan mengonsentrasikannya kedalam biomassa dengan kadar tinggi. Tingkat akumulasi logam berat pada tumbuhan agen fitotreatment pun berbeda-beda, bergantung pada titik jenuh yang dapat dicapai tumbuhan itu sendiri. (Budhi dan Joko, 2018).

Adapun menurut Shabani, dkk (2012) syarat yang harus dipenuhi agar suatu tumbuhan dapat digunakan sebagai agen akumulator kontaminan, yaitu

- Daya Serap yang Tinggi, akar tumbuhan harus mampu menyerap logam berat atau zat polutan lainnya dengan baik dari tanah dan air.
- Toleransi terhadap polutan, tumbuhan harus mampu bertahan hidup dan berkembang di lingkungan yang terkontaminasi oleh polutan.
- Pertumbuhan akar dalam dan menyebar, agar dapat mengakses polutan yang terperangkap di lapisan tanah yang lebih dalam serta memperluas jangkauan treatment.
- Kemampuan mendegradasi polutan, selain menyerap beberapa tumbuhan memiliki kemampuan untuk mengubah atau mendekomposisi polutan menjadi zat yang minim bahaya.
- Kemampuan untuk bertahan di lingkungan yang ekstrim, tanaman yang digunakan harus tahan terhadap kondisi lingkungan yang ekstrim.
- Produksi biomassa yang tinggi, tumbuhan yang menghasilkan banyak biomassa lebih baik karena dapat mengakumulasi lebih banyak polutan dalam jaringan tumbuhan.
- Tidak invasif, tanaman yang digunakan harus tidak bersifat invasif, sehingga tidak merusak ekosistem asli di area di mana treatment dilakukan.
- Kemampuan Translokasi Polutan, tumbuhan yang baik untuk fitotreatment harus mampu mentransfer polutan dari akar ke bagian lain seperti batang atau daun.

2.4.1 Mekanisme Fitotreatment

Efektifitas metode fitotreatment dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kondisi tumbuhan, keadaan akar, dan fase pertumbuhan tumbuhan itu sendiri. Tumbuhan akan melakukan proses pembersihan dengan penyerapan, pengakumulasian, dan proses pendegradasian kontaminan. Adapun konsep dari metode fitotreatment berdasarkan beberapa *basic concepts* (Kelly (1997), dalam Caroline. dkk(2015)) meliputi proses – proses berikut :

1. Fitostimulasi, yaitu proses tumbuhan melepaskan eksudatnya di rhizosfer. Eksudat yang terlepas kemudian merangsang pertumbuhan rhizobakteri. Pada air limbah kaya bahan organik, rhizobakteri dapat berperan sebagai perangsang degradasi polutan, sedangkan pada air limbah mengandung logam berat, rhizobakteri berperan sebagai agen stabilisasi ion logam.
2. Rhizodegradasi, merupakan tahap lanjutan dari fitostimulasi, dimana pasca pelepasan eksudat ke rhizosfer selanjutnya rhizobakteri akan mendegradasi polutan.
3. Rhizofiltrasi, yaitu pemanfaatan kemampuan akan tumbuhan untuk menyerap, mengendapkan dan mengakumulasi logam dari aliran air.
4. Fitostabilisasi, proses penstabilan ekstudat logam kompleks yang dihasilkan dari berikatannya rhizobakteri dengan logam berat pada rhizosfer.
5. Fitoekstraksi, dilakukan penyerapan kontaminan oleh akar dan melalui mekanisme transfer untuk translokasi atau akumulasi di bagian tumbuhan lainnya seperti daun dan batang.
6. Fitovolatilisasi, pasca perpindahan kontaminan ke tubuh tumbuhan, kontaminan akan diolah menjadi senyawa yang tidak berbahaya oleh tumbuhan dan dilepaskan ke udara.

Berdasarkan (Sasikala dkk,2006) adapun mekanisme penyerapan logam berat kromium oleh *Salvinia molesta*, yaitu:

1. Adsorpsi pada Permukaan Sel

Ion kromium yang berinteraksi dengan permukaan akar *S.molesta* kemudian saling berikatan dengan gugus fungsional yang terdapat pada dinding sel tumbuhan.

2. Penyerapan Ion (Absorpsi)

Ion yang telah diikat kemudian dikirimkan ke dalam jaringan sel oleh transporter ion di membran sel.

3. Reduksi Kromium (Cr^{6+} ke Cr^{3+})

Setelah diserap, *S. molesta* mengubah muatan Cr^{6+} menjadi Cr^{3+} melalui proses reduksi enzimatis, sehingga menurunkan tingkat toksisitasnya

4. Kompleksasi dan Akumulasi

Selanjutnya kromium diikat oleh molekul organik untuk melalui proses kompleksasi untuk membantu menetralkan sifat toksik kromium dan menyimpannya di dalam vakuola sel atau bagian lainnya. Akumulasi dapat terjadi pada akar, batang atau daun, bergantung pada kemampuan tumbuhan dalam memobilisasi logam tersebut.

5. Detoksifikasi dan Toleransi

Kemampuan *S.molesta* dalam mendetoksifikasi memungkinkan untuk tumbuhan tersebut memiliki toleransi terhadap keberadaan logam berat dengan konsentrasi tertentu tanpa mengalami kerusakan besar.

6. Ekskresi Kromium

S.molesta dapat melepaskan kembali sebagian kromium yang telah diserap ke lingkungan melalui ekstudat atau sel-sel mati, tetapi sebagian besar kromium yang diserap tetap terperangkap di dalam jaringan tumbuhan.

2.5 Tumbuhan Kiambang (*Salvinia molesta*)

Tumbuhan kiambang (*S. molesta*) merupakan jenis gulma air yang mengambang di permukaan dan sering dijadikan pengisi akuarium atau ornamen interior kolam air.

Manfaat dari tumbuhan kiambang sendiri adalah dapat mengurangi konsentrasi polutan dalam limbah melalui proses fitoremediasi.

2.5.1 Klasifikasi Tumbuhan Kiambang

Adapun klasifikasi kiambang (*S. molesta*) menurut Wikipedia yaitu :

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Clade	: <i>Tracheophytes</i>
Divisi	: <i>Polypodiophyta</i>
Class	: <i>Polypodiosida</i>
Ordo	: <i>Salviniales</i>
Familia	: <i>Salviniaceae</i>
Genus	: <i>Salvinia</i>
Spesies	: <i>Salvinia molesta</i>



Gambar 2.2 Tumbuhan Kiambang (*Salvinia molesta*)
Sumber : Dokumentasi pribadi, 2024

2.5.2 Morfologi Tumbuhan Kiambang

Menurut Khan (2014), tumbuhan kiambang berpotensi besar menyerap logam berat (Fe, Zn, Cu, Cr dan Cd) tanpa menyebabkan toksisitas lainnya atau penurunan pertumbuhan dikarenakan akumulasi logam berat. Hal tersebut terbukti dengan banyaknya penggunaan kiambang untuk pengolahan air limbah pertanian, domestik maupun industri.

Kiambang disebut sebagai salah satu agen fitotreatment yang memiliki efektifitas tinggi dalam penyerapan logam berat. Hal tersebut dijabarkan pada hasil penelitian Hidayati dkk (2009) yang menunjukkan bahwa tumbuhan kiambang dapat

digunakan sebagai akumulator merkuri di sawah yang tercemar limbah penambangan emas.

2.6 Baku Mutu

Dengan narasi yang telah dijabarkan diatas, dapat dilihat bahwa bahaya dari limbah cair industri penyamakan kulit telah menjadi permasalahan nyata yang memerlukan penanganan serius. Maka dari itu, Kementerian Lingkungan Hidup telah memberlakukan regulasi terkait baku mutu pengolahan limbah cair industri penyamakan kulit. Dengan berlakunya regulasi tersebut diharapkan kualitas air limbah yang dibuang ke badan air tidak banyak berpengaruh terhadap ekosistem akuatik. Berikut ini baku mutu industri penyamakan kulit tersaji pada **Tabel 2.1** dan **Tabel 2.2**.

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Industri Penyamakan Kulit
(Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.5 Tahun 2014)

Parameter	Proses Penyamakan Kulit Menggunakan Krom		Proses Penyamakan Kulit Menggunakan Daun-Daunan	
	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)
BODs	50	2	70	2,8
COD	110	4,4	180	7,2
TSS	60	2,4	50	2
Kromium Total	0,6	0,024	0,1	0,004
Minyak dan Lemak	5	0,2	5	0,2
Nitrogen Total	10	0,4	15	0,6
Amonia Total	0,5	0,02	0,5	0,02
Sulfida	0,8	0,032	0,5	0,02
pH	6-9		6-9	
Debit limbah paling tinggi	40 m3 per ton bahan baku		40 m3 per ton bahan baku	

Tabel 2.2 Klasifikasi air berdasarkan Daya Hantar Listrik
(*Colorado State University* dalam Fitriyah, 2012)

Kelas Air	DHL ($\mu\text{S/cm}$)	Keterangan
I	0 – 250	Sangat baik
II	>250 – 750	Baik
III	>750 – 2000	Cukup baik
IV	>2000 – 3000	Kurang baik
V	>3000	Kurang sesuai

2.7 Metode pengolahan yang telah ada

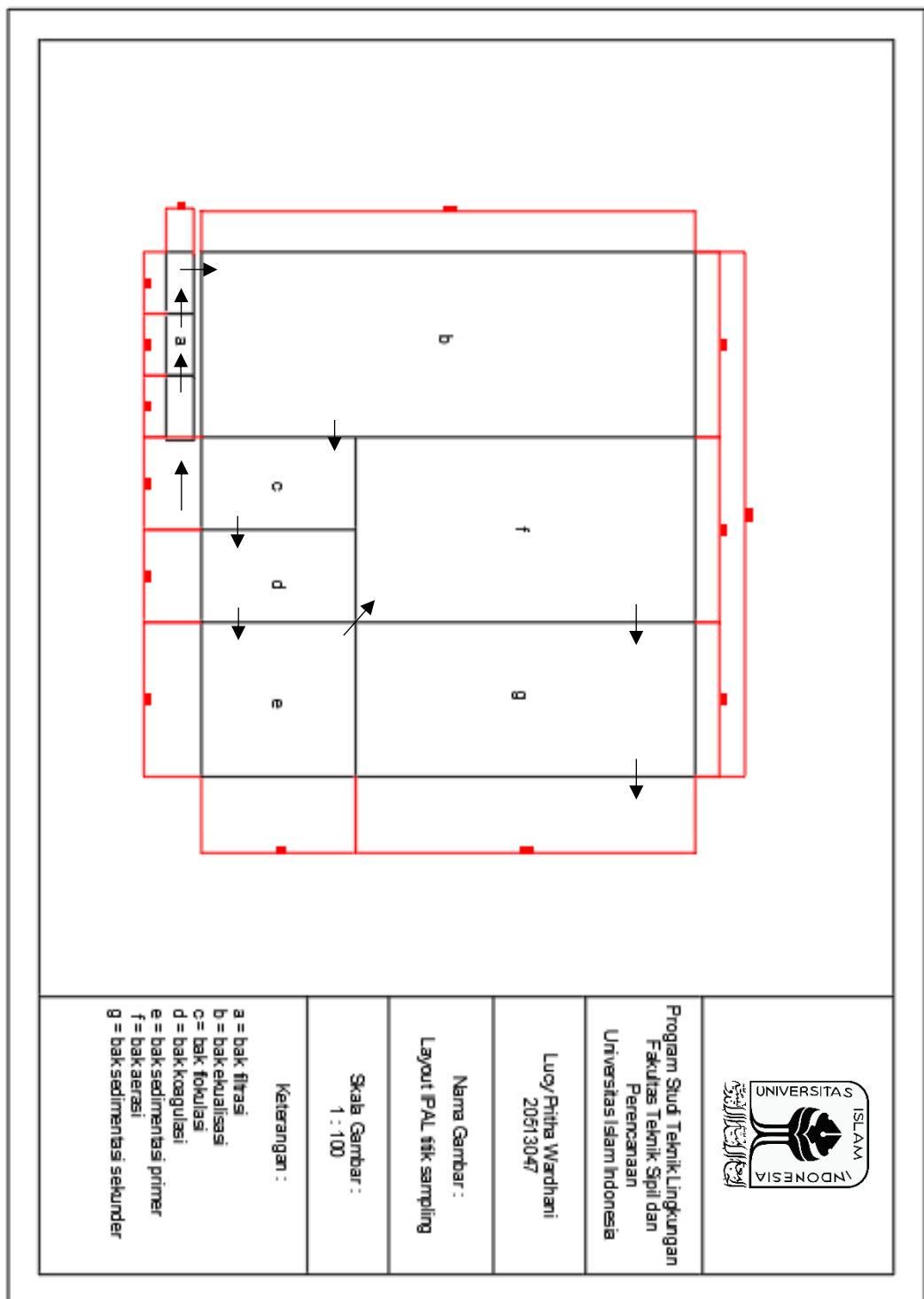
Pada pengolahan limbah cair industri penyamakan kulit perusahaan X, berfokus pada parameter-parameter dengan konsentrasi tinggi seperti kromium, minyak-lemak, amoniak, serta parameter biologis lainnya. Upaya penurunan berbagai parameter tersebut dilakukan sepanjang berjalannya proses pengolahan limbah cair. Sebagai contoh, pada upaya penurunan kadar logam berat kromium difokuskan pada proses flokulasi-koagulasi dan pada proses biologis. Logam berat kromium yang bereaksi dengan kapur pada saat proses pengapuran, selanjutnya dipompa naik ke bak flokulasi-koagulasi dan akan dilakukan pengikatan hingga membentuk flok dan diendapkan.

Adapun alur pengolahan limbah yang telah berjalan di IPAL perusahaan penyamakan kulit seperti yang tertera pada **Gambar 2.3**

- Filtrasi, yang dilakukan dengan bantuan alat filter yang dilakukan sebanyak 3 tahap untuk meminimalisir lemak ataupun partikel yang akan mengganggu proses pengolahan setelahnya.
- Ekualisasi, pasca filtrasi limbah dialirkan ke bak ekualisasi untuk dibubuhkan kapur agar air limbah yang memiliki pH 2 – 3 menjadi bersifat basa dengan pH 8. Air limbah yang telah tercampur kapur selanjutnya dipompa ke bak flokulasi.
- Flokulasi – Koagulasi, pada tahap ini limbah yang telah dibubuhi kapur akan diberi flokulan anion yang berfungsi untuk mengikat partikel – partikel halus. Dilakukan pengadukan pelan di bak koagulasi untuk membantu

proses pembentukan flok, dan dialirkan ke bak sedimentasi untuk mengendapkan flok yang telah terbentuk. Sisa flok yang mengendap akan dikuras secara teratur per 3 bulan dan diserahkan ke pihak ke-3. Sedimentasi dilakukan selama 4 hari sebelum dialirkan ke bak aerasi.

- d. Aerasi, dilakukan pemberian oksigen tambahan dari pompa untuk memenuhi kebutuhan oksigen mikroorganisme, serta per 6 hari diberikan tetes tebu sebagai nutrisi bagi mikroorganisme.
- e. Sedimentasi sekunder, dilakukan untuk mengendapkan partikel yang tersisa pada air limbah sebelum pada akhirnya dialirkan ke IPAL terpadu.



Gambar 2.3 Layout IPAL perusahaan penyamakan kulit X

2.8 Penelitian Terdahulu

Berikut beberapa penelitian yang pernah dilakukan dengan topik efektivitas *Fitotreatment* dalam menurunkan kadar Krom (Cr) pada industri Penyamakan Kulit tersaji pada **Tabel 2.3**.

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu

No.	Nama Penulis	Tumbuhan fitotreatment	Jenis limbah	Hasil pengujian
1.	Dilapanga (2007)	<i>Eichhornia crassipes</i>	Limbah cair penyamakan kulit	Efektivitas penurunan kandungan logam Cr sebesar 9,57 ppm.
2.	Hermawan (2012)	<i>Salvinia sp.</i> dan <i>Pistia stratiotes</i>	Limbah cair penyamakan kulit	<i>Pistia stratiotes</i> dan <i>Salvinia sp.</i> mampu menurunkan nilai Kromium sebesar 0,562 mg/L.
3	Safarrida, dkk (2015)	<i>Salvinia sp.</i> dan <i>Pistia stratiotes</i>	Limbah cair peyamakan kulit	Persentase serapan kadar Cr <i>Salvinia sp.</i> dan <i>Pistia stratiotes</i> berturut-turut sebesar 80,4% dan 9,9%.
4	Khairunnisa (2016)	<i>Alocasia macrorrhiza</i>	Limbah sedimen penyamakan kulit (Fitoremediasi tanah)	Mampu mereduksi logam Cr hingga 37,94%,
5	Kumar, dkk (2019)	<i>Typha</i> , <i>Phragmites</i> , <i>Acorus</i> , <i>Arundo</i> dan <i>Vetiver</i>	Limbah cair domestik yang terkontaminasi limbah industri	Berhasil mereduksi kadar Cr sebesar 61,6 % - 78,5 %.
6	Taufikurahman, dkk (2023)	<i>Pennisetum purpureum</i>	Limbah cair penyamakan kulit	Menurunkan kadar logam Cr (VI) sebesar 71,79% - 99,96%.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan bahwa Fitotreatment menjadi salah satu *advanced treatment* yang efektif untuk menurunkan kadar kromium pada air limbah. Maka dari itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui efektivitas *Salvinia molesta* dalam melakukan penyerapan terhadap logam berat jenis Kromium heksavalen ($Cr(VI)$) pada limbah cair industri penyamakan kulit dengan variasi waktu uji yang lebih panjang.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimental dengan menggunakan metode *Wetlands* tipe *Free-Water Surface* dengan jenis tumbuhan yang digunakan berupa *Salvinia molesta* yang merupakan tumbuhan terapung (*floating plant*). Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium sebagai unit pengolahan *Advance Wastewater Treatment (AWT)* untuk mengolah limbah cair penyamakan kulit pasca dilakukannya proses *secondary* berupa aerasi. Pada penelitian ini, reaktor akan terbagi menjadi 3 (tiga) macam, yaitu reaktor *control* air limbah, reaktor *control* tumbuhan dan reaktor *wetlands*. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia dengan sampel air limbah yang diambil dari *effluent* IPAL pabrik penyamakan kulit.

3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel limbah cair dilakukan di titik *effluent* pengolahan limbah cair perusahaan penyamakan kulit yang terletak di Desa Banyakan 2, Sitimulyo, Piyungan, Bantul, D.I. Yogyakarta. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Adapun setiap tahap penelitian dilakukan di rumah peneliti yang terletak di Mindi, Sleman, D.I. Yogyakarta. Penelitian dilakukan dari 27 mei sampai dengan 15 Agustus 2024.

3.3 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian ini dijabarkan pada **Tabel**

3.1

Tabel 3.1 Alat dan Bahan

No	Nama Alat	Kebutuhan	Satuan	Peruntukan
Alat yang digunakan dalam penelitian				
1	Spektrofotometer UV-Vis	1	Buah	Uji parameter Cr(VI)
2	Conductivity meter	1	Buah	DHL, TDS
3	COD reaktor	1	Buah	COD
4	Reaktor Fitotreatment	4	Buah	Tahap fitotreatment
5	Reaktor Propagasi	1	Buah	Tahap propagasi
6	Reaktor Aklimatisasi	2	Buah	Tahap aklimatisasi
7	Reaktor RFT	4	Buah	Tahap RFT
Bahan yang digunakan dalam penelitian				
1	Tumbuhan <i>S. molesta</i>	230	gram	Tumbuhan penelitian
2	Limbah cair	7,5	liter	Sampel uji

3.4 Metode dan Rancangan Penelitian

3.4.1 Pengambilan Sampel

Penelitian ini menggunakan sampel limbah cair pabrik penyamakan kulit dengan metode pengambilannya menggunakan metode *grab sampling* yang mengacu SNI 6989.59:2008. Sample limbah diambil dari bak *effluent* dengan bantuan alat berupa gayung, kemudian dilakukan pembilasan pada jerigen dengan kapasitas 5L dan 2,5L terlebih dahulu sebelum limbah cair dimasukkan dan dibawa ke lokasi penelitian dengan pengawetan sementara menggunakan *cool box* yang telah diisi dengan *ice pack*.

3.4.2 Parameter Penelitian

Parameter yang diteliti dalam penelitian ini adalah logam berat Kromium heksavalen (Cr (VI)) dengan variasi pengamatan waktu kontak selama 0, 4, 8, 12, 16, dan 20 hari. Adapun parameter pendukung yang diuji pada penelitian ini yaitu

daya hantar Listrik (DHL), *Total Dissolved Solid* (TDS), dan *Chemical Oxygen Demand* (COD).

3.4.3 Preparasi Reaktor

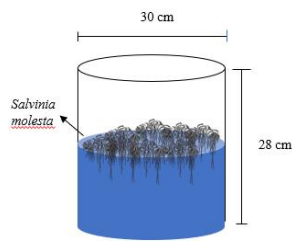
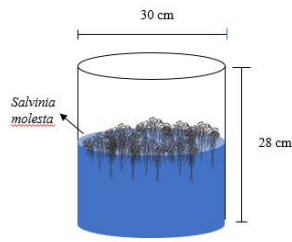
Preparasi yang dilakukan terhadap reaktor terkait penelitian ini ialah :

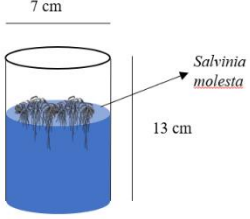
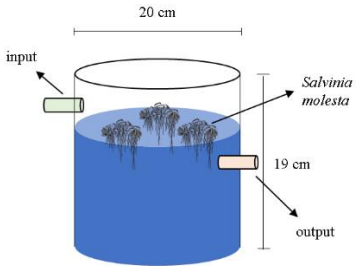
- Pemilihan jenis tumbuhan, yaitu yang sesuai dengan parameter yang telah ditentukan serta terbukti dapat secara efisien memecah kontaminan yang ada.
- Persiapan tumbuhan yang akan digunakan, berkaitan dengan ketersediaan jumlah tumbuhan yang akan digunakan pada penelitian.
- Pemilihan titik pengambilan sampel, berpengaruh pada desain peletakan lubang effluent pada reaktor.

3.4.4 Reaktor Wetland

Pada penelitian ini digunakan beberapa jenis reaktor untuk menunjang setiap tahapan yang akan dilakukan. Masing – masing memiliki isi yang berbeda berdasarkan kebutuhan pada tahap penelitian, hal tersebut dijabarkan pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2 Keterangan Reaktor

No.	Nama Reaktor	Keterangan	Design Reaktor
1.	Reaktor Propagasi	Berisi 100% air PDAM sejumlah 7L yang ditempatkan pada wadah transparan dengan kapasitas 10L.	
2.	Reaktor Aklimatisasi	Berisi 7,5L air PDAM yang ditambahkan 10 mL air limbah dengan konsentrasi Cr (VI) 9,76 mg/L. Sehingga konsentrasi Cr (VI)	

		pada reaktor ini sebesar 0,013 mg/L.	
3.	Reaktor RFT	Pada reaktor dengan kapasitas 1L diisi dengan 500 mL air dengan besar pengenceran masing-masing reaktor yang berbeda-beda yaitu 25%, 50%, 75%, dan 100%.	
4.	Reaktor Fitotreatment	Dilakukan pengisian sebanyak 3L air limbah dengan persentase penenceran terpilih pada reaktor dengan kapasitas 5L.	

3.4.5 Tahap Penelitian

Tahap penelitian dibagi menjadi dua tahap, yaitu tahap penelitian awal dan tahap penelitian utama. Pada tahap penelitian awal meliputi tahap propagasi, aklimatisasi, dan tahap *range finding test*, sedangkan pada tahap penelitian utama merupakan tahap Fitotreatment.

3.4.5.1 Tahap Propagasi

Tahap propagasi merupakan tahap memperbanyak tumbuhan yang bertujuan untuk mencukupi jumlah tumbuhan yang diperlukan saat penelitian (Nafiat dan Titah, 2021). Tahap ini dilakukan selama 30 hari pada reaktor dengan kapasitas 10L yang berisi 7L air PDAM dengan bantuan aerator akuarium 1 watt sebagai penyuplai oksigen dan air beras sebanyak 180 mL sebagai nutrisi bagi tumbuhan.

3.4.5.2 Tahap Aklimatisasi

Aklimatisasi merupakan tahap penyesuaian kondisi fisiologis tumbuhan terhadap lingkungan hidup baru yang akan ditempati tumbuhan tersebut ((Rittner dan Bailey, 2005) dalam Brilian dan Muntalif, 2019). Tujuan dari tahapan ini adalah untuk memberi waktu terhadap tumbuhan untuk beradaptasi dengan organisme baru yang ada di tempat yang akan ditinggalinya.

Pada tahap ini dilakukan penambahan air limbah sebanyak 10 mL dengan konsentrasi Cr (VI) sebesar 9,76 mg/L pada 7,5L air PDAM yang akan digunakan. Pasca penghomogenan air limbah dan air PDAM, dimasukkan *S.molesta* yang akan digunakan pada tahap pengujian selanjutnya.

3.4.5.3 Tahap *Range Finding Test* (RFT)

Range Finding Test (RFT) merupakan tahap yang dilakukan untuk mengetahui tingkat konsentrasi limbah optimum tumbuhan *S. molesta* dapat bertahan hidup. Air limbah yang digunakan telah melalui proses *spiking* Cr (VI) hingga konsentrasi Cr (VI) sebesar 9,76 mg/L. Dilakukan pengenceran terhadap limbah cair dengan konsentrasi variatif. Tahap ini dilakukan selama 4 hari dengan mengamati perubahan pada tumbuhan (Arliyani dkk., 2023)

Adapun perbandingan pengenceran limbah cair dengan air PDAM yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. 25% dengan perbandingan 1:3 yaitu limbah cair sebanyak 125 mL dan air PDAM sebanyak 375 mL.
2. 50% dengan perbandingan 2:2 yaitu limbah cair sebanyak 250 mL dan air PDAM sebanyak 250 mL.
3. 75% dengan perbandingan 3:1 yaitu limbah cair sebanyak 375 mL dan air PDAM sebanyak 125 mL.
4. 100% limbah cair tanpa pengenceran sebanyak 500 mL.

3.4.7 *Running Reaktor*

Reaktor utama yang dijalankan pada penelitian ini adalah pada tahap fitotreatment, yaitu upaya pemurnian atau pembersihan lingkungan yang tercemar dengan

memanfaatkan sistem metabolisme dari tumbuhan. Proses *running* dilakukan selama 20 hari dengan pengujian konsentrasi parameter Cr (VI), DHL, TDS dan COD per empat (4) hari pada reaktor dengan isian 3L air limbah dengan pengenceran sebesar 75% yang didapatkan dari proses uji RFT. Adapun beberapa hal yang perlu disiapkan untuk menjalankan sebuah reaktor, yaitu:

- Pengisian reaktor dengan air sesuai konsentrasi yang dibutuhkan, yaitu pada setiap tahap penelitian membutuhkan besaran konsentrasi yang berbeda, sehingga pengisian reaktor dengan air dilakukan dengan teliti sesuai dengan arahan agar tidak banyak mengalami error pada tahap penelitian.
- Pembubuhan tumbuhan *S.molesta*, bertujuan untuk memulai proses pengamatan terkait efek dari keberadaan tumbuhan terhadap kontaminan yang terkandung pada sampel air tersebut.
- Pemantauan proses, pemantaun tumbuhan secara fisik hingga pH pada air sampel dilakukan untuk mendapatkan data valid.
- Pembacaan kondisi akhir reaktor, yaitu tahap akhir dari proses *running* reaktor dengan melihat keadaan fisik maupun pengecekan lebih lanjut terhadap parameter tertentu.

3.5 Pengukuran Parameter Uji

Sampel yang diambil dari reaktor fitotreatment pada hari ke-0, hari ke-4, hari ke-8, hari ke-12, hari ke-16, dan hari ke-20 akan dilakukan pengujian laboratorium terkait parameter Krom (VI), DHL, TDS, dan COD. Adapun acuan uji yang digunakan untuk masing-masing parameter tertera pada **Tabel 3.3**.

Tabel 3.3 Acuan uji parameter Cr⁶⁺, DHL, TDS dan COD

No.	Parameter	Satuan	Metode	Acuan uji
1.	Kromium Heksavalen (Cr ⁶⁺)	mg/L	Spektrofotometri dengan penambahan Difenilkarbazida	SNI 6989.71:2009
2.	Daya Hantar Listrik (DHL)	μS/cm	Conductivity meter	Instruksi kerja alat <i>Conductivity Meter</i>

3.	<i>Total Dissolved Solid (TDS)</i>	mg/L	Conductivity meter	Instruksi kerja alat <i>Conductivity Meter</i>
4.	<i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	mg/L	Spektrofotometri dengan Refluks Tertutup	SNI 6989.2:2019

3.6 Analisis Data

Persentase efisiensi penurunan kadar logam berat Cr (VI) dapat diperoleh dengan membandingkan nilai konsentrasi Cr (VI) sampel awal sebelum dilakukan tahap fitotreatment dengan nilai konsentrasi Cr (VI) pada hasil saat fitotreatment berlangsung dan pasca fitotreatment berlangsung.

$$EF = \frac{(Co - Ct)}{Co} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

EF = Efisiensi variasi tumbuhan *S.molesta*

Co = konsentrasi awal sampel (mg/L)

Ct = konsentrasi pada tahap atau pasca fitotreatment (mg/L)

3.7 Analisis Statistik Deskriptif

Pasca didapatkan data dari proses analisis data, dilanjutkan dengan langkah-langkah pemahaman data, penggambaran dan perangkuman data.

- Visualisasi data, membuat grafik yang sesuai dengan jenis data , untuk menemukan pola data yang dimiliki.
- Interpretasi hasil, menganalisis data deskriptif untuk memahami data yang dimiliki.
- Menyusun ringkasan, menyajikan hasil analisis dalam bentuk narasi yang mudah dipahami.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Konsentrasi Air Limbah

Pasca dilakukan pengambilan sampel limbah yang akan digunakan pada proses penelitian, dilakukan pembacaan konsentrasi terhadap parameter yang akan diuji selama proses penelitian, yaitu Cr (VI), DHL, TDS, dan COD. Dari pembacaan yang dilakukan, didapatkan konsentrasi awal dari air limbah seperti yang tertera pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Hasil pembacaan konsentrasi awal limbah cair

Parameter	Satuan	Konsentrasi
Krom (VI)	mg/L	0,062
DHL	$\mu\text{S/cm}$	97
TDS	mg/L	463
COD	mg/L	83,3

Setelah didapatkan besaran konsentrasi dari air limbah, selanjutnya dilakukan penambahan Cr (VI) sebanyak 150 mL larutan Krom (VI) dengan konsentrasi 500 mg/L pada total air limbah sebanyak 7,5 L dengan tujuan untuk mendapatkan konsentrasi yang mirip dengan keadaan di lapangan pada saat produksi puncak. Kembali dilakukan pembacaan sampel uji dengan parameter yang sama dengan pembacaan sebelumnya, dan didapatkan hasil pembacaan seperti yang tertera pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4.2 Hasil pembacaan konsentrasi pasca penambahan larutan Cr (VI)

Parameter	Satuan	Konsentrasi
Krom (VI)	mg/L	9,76
DHL	$\mu\text{S/cm}$	3821

TDS	mg/L	513
COD	mg/L	181,7

4.2 Hasil

4.2.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dibagi menjadi 3 tahap, yaitu tahap propagasi, tahap aklimatisasi dan tahap *Range Finding Test* (RFT). Adapun dilakukannya proses penelitian pendahuluan dilakukan untuk mempersiapkan berbagai komponen yang akan digunakan selama proses penelitian. Pada penelitian ini, proses penelitian pendahuluan lebih berfokus kepada proses penyiapan tumbuhan *Salvinia molesta* sebelum memasuki proses fitotreatment.

4.2.1.1 Tahap Propagasi

Tahap ini dilakukan selama 30 hari dengan bantuan pompa aquarium sebagai penyuplai oksigen dan pemberian air beras sebagai nutrisi bagi tumbuhan. Adapun jumlah awal dari tumbuhan *Salvinia molesta* yaitu 24 kelompok dengan berat total 96 gram masing-masing kelompok memiliki ukuran dan jumlah daun yang berbeda. Namun di hari ke 30, dilakukan perhitungan kembali dan didapatkan jumlah dari *Salvinia molesta* hasil dari proses propagasi sebanyak 64 kelompok dengan berat total sebanyak 230 gram.



Gambar 4.1 Proses propagasi hari ke-1 dan hari ke-30 (kiri ke kanan)

Hasil yang didapati dari pengamatan selama proses propagasi yaitu tumbuhan *S. molesta* tumbuh secara berkelompok dengan batang menyerupai stolon yang saling

terhubung. Memiliki daun berwarna hijau muda dengan lebar daun berkisar di antara 0,7 - 1,1 cm, serta memiliki akar berbulu berwarna cokelat tua dengan kisaran panjang 3 – 5,7 cm.

4.2.1.2 Tahap Aklimatisasi

Tahap aklimatisasi adalah tahap penyesuaian tumbuhan pada terhadap air limbah yang akan digunakan pada penelitian utama. Aklimatisasi dilakukan selama 2 hari untuk mempersiapkan kondisi tumbuhan sebelum dimasukkan ke dalam reaktor uji (Linuwih, 2022).



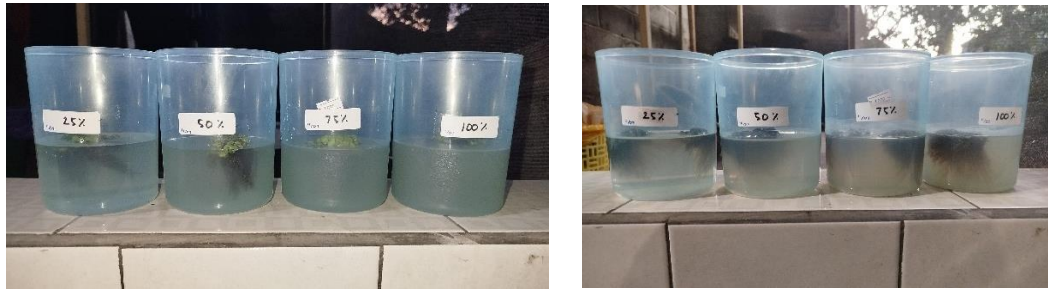
Gambar 4.2 Proses Aklimatisasi

Pada tahap ini, tumbuhan yang akan digunakan pada tahap *range finding test* dan tahap fitotreatment dimasukkan ke satu reaktor dan diberikan 10 mL limbah cair dengan konsentrasi 9,76 mg/L sehingga kondisi reaktor aklimatisasi mengandung Cr (VI) dengan konsentrasi 0,013 mg/L, dengan tujuan agar tumbuhan dapat beradaptasi dengan kandungan limbah cair yang akan digunakan pada tahap selanjutnya.

4.2.1.3 Tahap Range Finding Test (RFT)

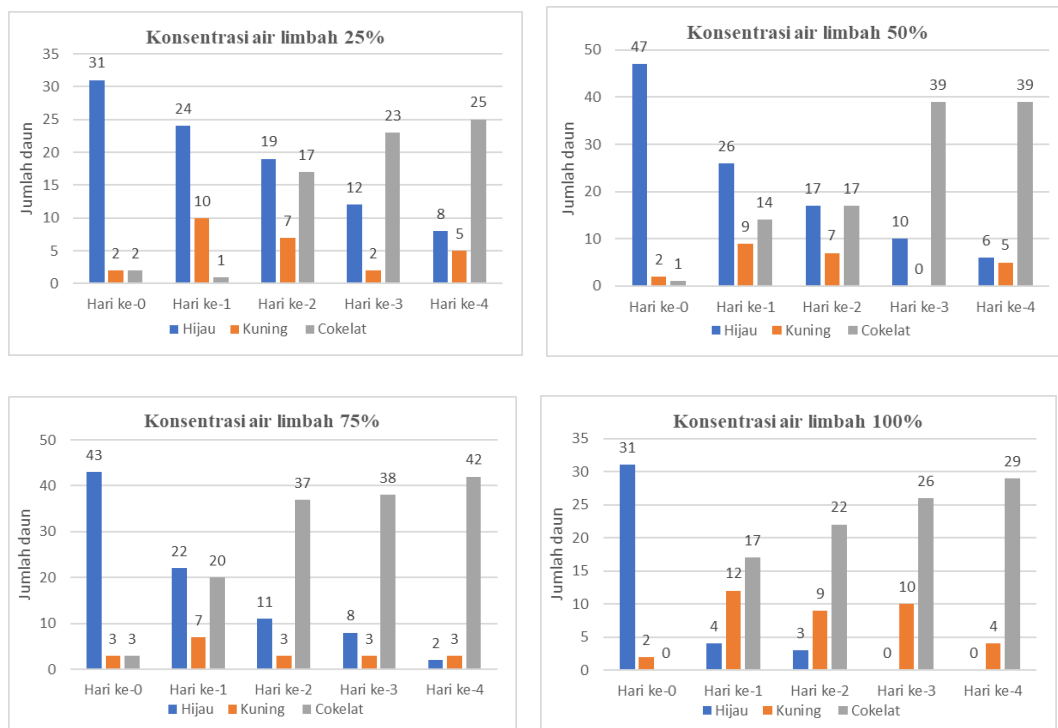
Tumbuhan yang telah melalui masa aklimatisasi kemudian dikelompokkan berdasarkan ukuran daun, warna daun dan panjang akar, yang kemudian akan dilakukan tahap RFT. Tahap tersebut dilakukan dengan melakukan empat (4) variasi pengenceran limbah cair dengan kandungan 9,76 mg/L Cr (VI) dengan persentase air limbah 25%, 50%, 75% dan 100% yang selanjutnya akan dimasukkan

tumbuhan *S. molesta* sebanyak 10 gram. Tahap RFT dilakukan selama 4 hari dengan melakukan pengamatan terkait pertumbuhan tumbuhan meliputi perubahan warna.



Gambar 4.3 Reaktor RFT hari ke-0 dan hari ke-4 (kiri ke kanan)

Dari uji *range finding test* yang dilakukan, didapatkan data pertumbuhan daun pada tumbuhan *S.molesta* pada masing masing reaktor seperti yang dijabarkan pada **Gambar 4.4**.



Gambar 4.4 Grafik Pertumbuhan Daun pada Tahap RFT

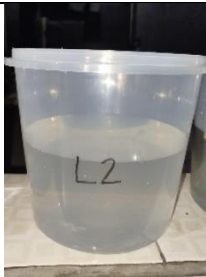
Dari grafik diatas, didapatkan penurunan pertumbuhan daun yang cukup signifikan pada masing-masing reaktor, hal tersebut berkaitan dengan besar konsentrasi

limbah cair yang digunakan pada reaktor tersebut. Maka, pasca dilakukan tahap RFT, dapat ditarik kesimpulan bahwa pertumbuhan *S.molesta* tidak banyak mengalami perubahan pada reaktor dengan konsentrasi limbah cair sebesar 25%, sehingga pada uji fitotreatment digunakan limbah cair dengan pengenceran sebesar 75%.

4.2.2 Uji Fitotreatment

Tumbuhan yang digunakan pada tahap fitotreatment merupakan tumbuhan yang telah melalui tahap aklimatisasi sebanyak 50 gram per reaktor., serta penambahan aerasi selama 1 jam per 12 jam. Pengujian akan dilakukan selama 20 hari, sedangkan pengujian dilakukan per 4 hari, yaitu di hari ke-0, hari ke-4, hari ke-8, hari ke-12, hari ke-16, dan hari ke-20.

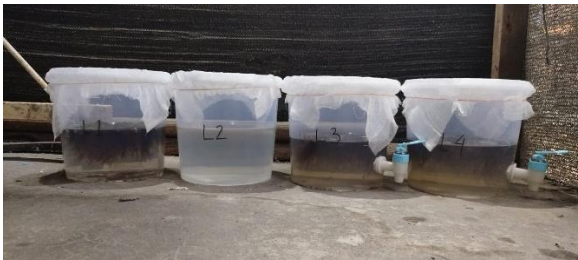
Tabel 4.3 Reaktor uji fitotreatment

Jenis reaktor	Keterangan	Gambar
Reaktor kontrol tumbuhan (L1)	Untuk memantau pertumbuhan tumbuhan <i>S.molesta</i>	
Reaktor kontrol air limbah (L2)	Untuk mengetahui konsentrasi air limbah selama proses penelitian	
Reaktor fitotreatment (L3)	Wadah pengaplikasian metode fitotreatment dengan cara kontak tumbuhan <i>S.molesta</i> dengan air limbah	

Reaktor fitotreatment (L4)	Wadah pengaplikasian metode fitotreatment dengan cara kontak tumbuhan <i>S.molesta</i> dengan air limbah	
----------------------------	--	---

Adapun data pengamatan terhadap progress yang terjadi pada proses fitotreatment selama 20 hari dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4.4 Dokumentasi reaktor fitotreatment

Proses Fitotreatment	Gambar
Hari ke-0	
Hari ke-4	
Hari ke-8	

Hari ke-12	
Hari ke-16	
Hari ke-20	

Pada masa uji fitotreatment dilakukan improvisasi dari peneliti berupa beberapa pengendalian terhadap reaktor yang digunakan, yaitu sebagai berikut :

- Meletakkan reaktor di tempat teduh agar tidak langsung terpapar matahari, karena dapat mengakibatkan tumbuhan lebih cepat kering;
- Pemberian lampu eglare bohlam led filament 3W berwarna warm white pada bagian atas reaktor di malam hari untuk membantu proses fotosintesis pada tumbuhan;
- Pemberian aerator akuarium watt pada reaktor selama 1 jam yang dilakukan per 12 jam untuk membantu suplai oksigen pada reaktor; dan
- Pemberian kain kassa pada bagian atas reaktor untuk meminimalisir kemungkinan serangga berkembang biak pada reaktor

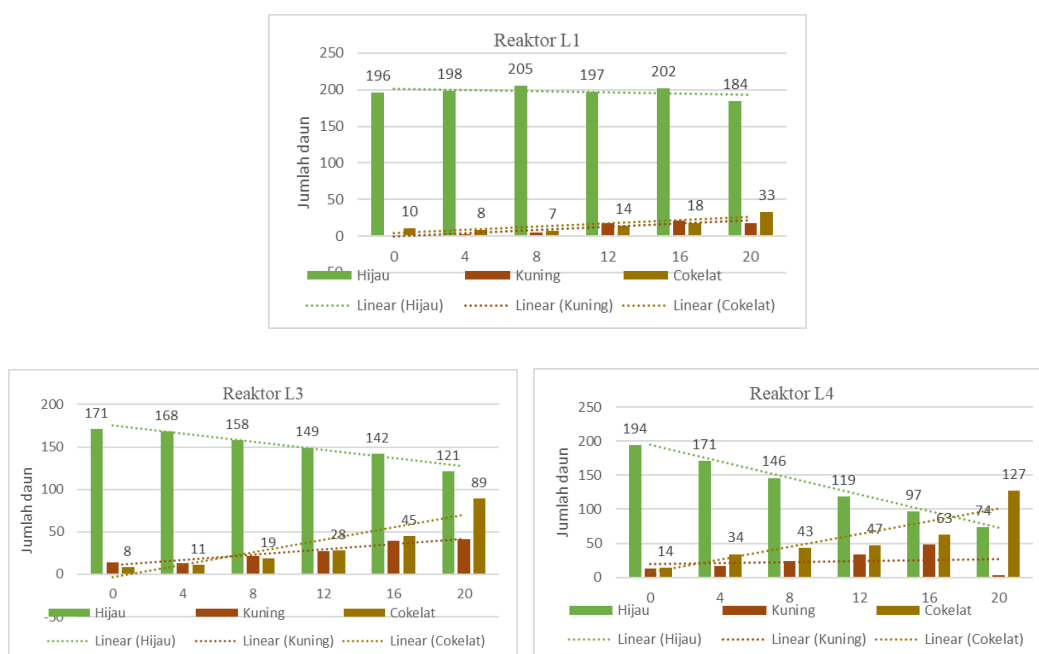
Tindakan-tindakan diatas dilakukan sebagai bentuk pengendalian peneliti terhadap keadaan tidak terduga yang terjadi pada masa uji fitotreatment. Tujuan utama dari

Tindakan pengendalian tersebut adalah agar mengoptimalkan kinerja reaktor dan tidak menyebabkan masalah baru di kemudian hari seperti *water borne diseases*.

4.3 Pembahasan

4.3.1 Pertumbuhan *Salvinia molesta* terhadap proses Fitotreatment

Selama tahap uji fitotreatment, dilakukan observasi terhadap pertumbuhan *S.molesta* untuk selanjutnya dianalisis untuk mengetahui berapa lama tumbuhan *S.molesta* bertahan pada air yang telah terkontaminasi limbah serta dapat mengidentifikasi ciri fisik tumbuhan tersebut apabila suatu perairan terindikasi tercemar logam berat.



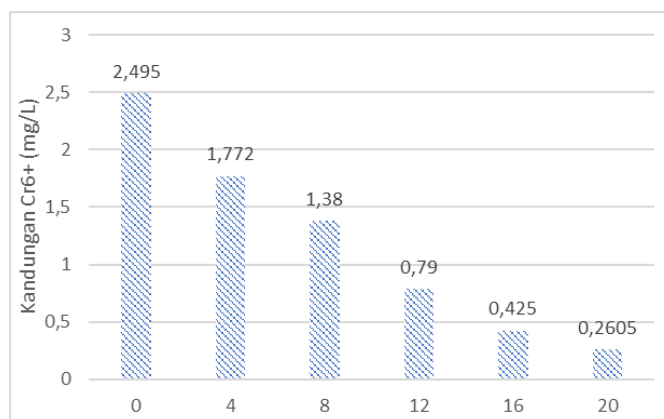
Gambar 4.5 Grafik pertumbuhan daun selama proses fitotreatment

Dari pengamatan yang dilakukan, didapatkan bahwa pada reaktor kontrol tumbuhan (L1) pertumbuhan *S.molesta* masih dapat dikategorikan stabil dengan jumlah pembusukan daun masih dalam jumlah wajar. Sedangkan pada reaktor fitotreatment (L3 dan L4) didapatkan data bahwa daun dari tumbuhan *S.molesta* banyak mengalami pembusukan. Kedua data tersebut dikaitkan dengan keberadaan kontaminan pada masing-masing media tinggal tumbuhan.

Dari hasil observasi yang dilakukan, ditemukan pula fenomena bahwa daun muda yang tumbuh selama proses fitotreatment berwarna kuning (klorosis), hal tersebut terjadi karena keberadaan kontaminan yang mencemari kawasan pertumbuhan dari *S.molesta* terakumulasi di dalam jaringan tumbuhan yang menyebabkan tumbuhan keracunan dan menguning (Anonim, 2005). Adapun dampak dari tumbuhan yang terserang klorosis ialah penurunan terhadap kemampuan tumbuhan tersebut untuk melakukan fotosintesis, penurunan kemampuan metabolisme, serta berdampak pada usia tumbuhan (Monita, dkk, 2013)

4.3.2 Efektivitas Fitotreatment dalam Menurunkan Cr (VI)

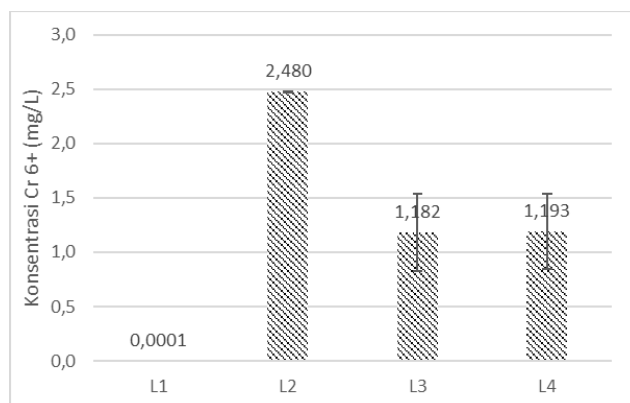
Setelah dilakukan pembacaan konsentrasi pada parameter Cr (VI) per 4 (empat) hari selama total proses fitotreatment selama 20 hari, didapatkan data seperti yang tertera pada **gambar 4.6**.



Gambar 4.6 Konsentrasi parameter Cr (VI)

Berdasarkan hasil pembacaan pada parameter Cr(VI) terhadap limbah penyamakan kulit, didapatkan hasil penurunan parameter kromium heksavalen (Cr (VI)) yang cukup signifikan yaitu 92,36% dari konsentrasi awal 2,49 mg/L. Serta dari hasil yang telah dipaparkan, didapatkan bahwa dari hari ke-12 ke hari ke-16 ditemukan bahwa penurunan konsentrasi Cr (VI) tidak seperti sebelumnya. Didapatkan persentase penurunan di hari ke-12 hingga hari ke-16 sebesar 14,86%, serta pada hari ke-16 hingga hari ke-20 penurunan hanya sebesar 6,43%. Hal tersebut sejalan dengan penelitian (Sumardi, dkk, 2019) menyebutkan waktu kontak yang lebih lama mempengaruhi tingginya kadar Cr yang berhasil diserap oleh tumbuhan

akumulator. Semakin tinggi konsentrasi yang terakumulasi pada tumbuhan dan masuk ke jaringan tumbuhan, maka semakin mengganggu kinerja tumbuhan dan menghambat proses metabolisme tumbuhan yang menyebabkan kematian pada tumbuhan (Oktavia, dkk., 2016)



Gambar 4.7 Konsentrasi Cr (VI) tiap reaktor

Dari data yang disajikan pada **Gambar 4.7**, diketahui bahwa perubahan besaran konsentrasi Cr (VI) terjadi pada reaktor L3 dan L4. Sementara pada reaktor L1 tidak terbaca perubahan konsentrasi, dan pada reaktor L2 konsentrasi Cr (VI) mengalami sedikit perubahan besaran namun hanya dalam jumlah kecil. Hal tersebut mengartikan bahwa meski setiap reaktor mendapatkan perlakuan yang sama, tanpa adanya kontak dari tumbuhan akumulator, tidak terjadi perubahan konsentrasi Cr (VI) dalam jumlah besar.

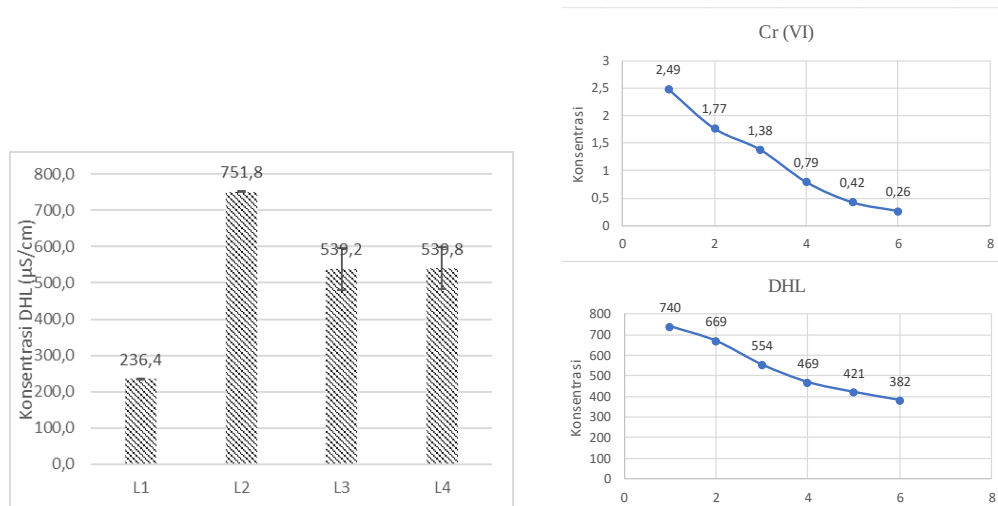
4.3.3 Korelasi Penurunan Parameter Lain terhadap Proses Fitotreatment

Sebagai lanjutan dari proses olah data yang telah dilakukan, dilakukan pencarian informasi mengenai korelasi penurunan parameter lain terhadap proses fitotreatment, pada penelitian ini parameter lain yang dimaksud yaitu parameter Daya Hantar Listrik (DHL), parameter *Total Dissolved Solid* (TDS), dan parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD).

4.3.3.1 Korelasi terhadap Parameter Daya Hantar Listrik (DHL)

Berdasarkan kemampuan untuk menghantarkan panas dan arus listrik, unsur-unsur digolongkan menjadi dua, yaitu golongan logam dan non logam. Pada golongan logam pun masih terdapat pengkategorian lainnya, yaitu logam ringan (*light metal*)

dan logam berat (*heavy metal*) dengan ketentuan densitas <5 untuk logam ringan dan >5 untuk logam berat (Hutagalung, 1984). Di beberapa kasus, logam berat dengan jumlah yang melebihi ambang batas akan bersifat toksik (Phillips, 1980).



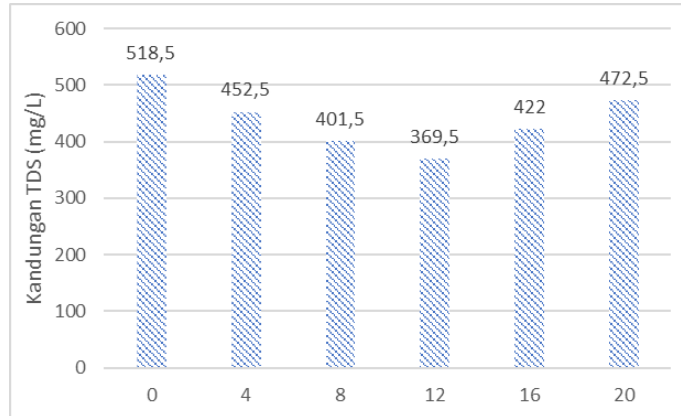
Gambar 4.8 (A) Konsentrasi DHL pada tiap reaktor
(B) Perbandingan Cr (VI) dan DHL

Dari grafik yang dijabarkan pada **Gambar 4.8**, didapatkan hasil bahwa tidak terjadi penurunan kadar DHL pada reaktor lain meski telah diberi perlakuan yang sama. Sementara pada reaktor fitotreatment, penurunan kadar DHL cukup cocok dengan grafik penurunan kadar logam berat berupa Cr (VI), hal tersebut dikarenakan Cr (VI) yang merupakan bagian dari logam berat yang tentu memiliki besaran daya hantar listrik (Juwitasari, 2023). Selama 20 hari masa eksperimen, *S.molesta* mampu mereduksi konsentrasi DHL sebesar 48,37% dari konsentrasi awal sebesar 740 µS/cm. Berdasarkan besaran konsentrasi DHL terhadap klasifikasi air, pasca pengolahan air telah memasuki golongan air kelas III yang mana berarti kualitas air cukup baik (Fitriyah, 2012).

4.3.3.2 Korelasi terhadap Parameter *Total Dissolved Solid* (TDS)

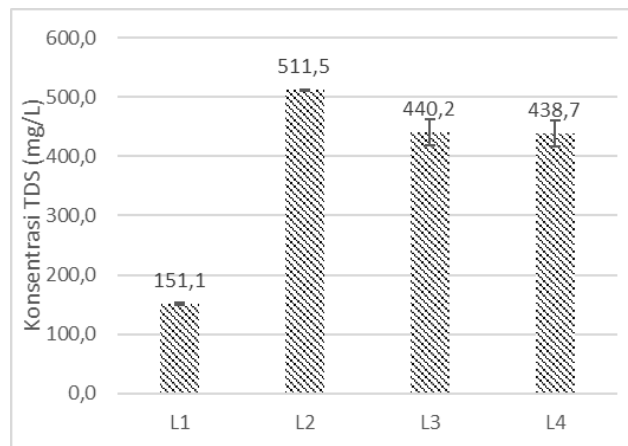
Pada eksperimen kali ini, air limbah yang digunakan merupakan air limbah yang telah melalui proses, hal tersebut tentu berpengaruh pada konsentrasi TDS yang telah tereduksi terlebih dahulu. Namun disamping itu, peneliti tetap melakukan pemantauan terhadap kadar TDS sebelum proses fitotreatment, saat proses

fitotreatment, dan pasca proses fitotreatment. Sehingga didapatkan hasil seperti yang tertera pada **Gambar 4.7**.



Gambar 4.9 Konsentrasi parameter TDS

Dari hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan hasil konsentrasi TDS per empat hari dengan bentuk kurva U. Selama 20 hari masa percobaan *S.molesta* sebagai agen fitotreatment, hingga di hari ke 12, konsentrasi yang mampu didegradasi oleh *S.molesta* sebesar 28,76% dari konsentrasi awal 518 mg/L dan pada hari ke-16 hingga hari ke-20 mengalami kenaikan konsentrasi sebesar 19,88%. Sehingga penurunan konsentrasi yang terjadi pada parameter TDS dari hari ke-0 sampai hari ke-20 yaitu 8,88%.



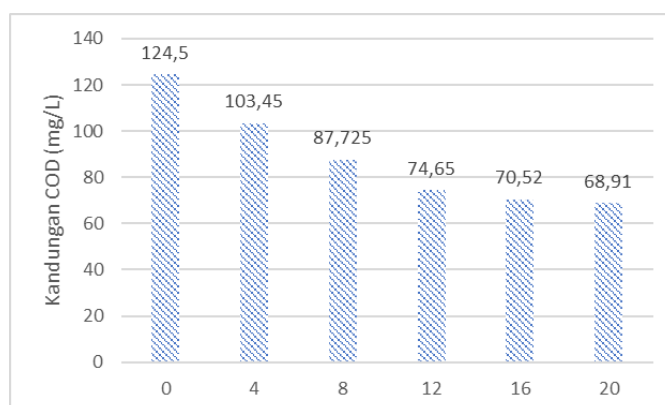
Gambar 4.10 Konsentrasi TDS tiap reaktor

Adapun alasan pendukung dari terjadinya fluktuasi konsentrasi TDS selama proses fitotreatment ialah terjadinya kejenuhan pada tumbuhan yang menyebabkan kematian pada tumbuhan. Hal tersebut terjadi karena pada parameter TDS

mengalami kenaikan konsentrasi di hari ke-16, yang mana bersamaan dengan penurunan kemampuan tumbuhan untuk mendegradasi kontaminan, hal tersebut disebabkan oleh tumbuhan yang telah mengalami pembusukan dan mati dapat kembali melepaskan senyawa kimia yang telah diikatnya (Silva, *et al*, 2021). Sehingga cukup menjadi alasan untuk terjadinya fluktuasi nilai TDS pada penelitian ini.

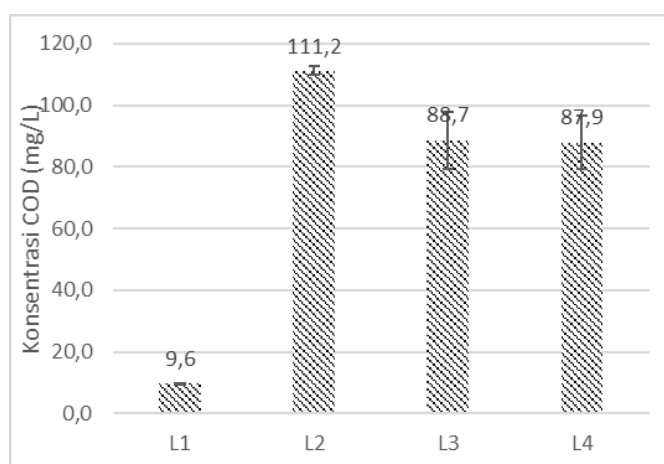
4.3.3.3 Korelasi terhadap Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Chemical Oxygen Demand atau yang sering dikenal dengan kebutuhan oksigen kimiawi merupakan nilai yang dinyatakan dari besarnya oksigen yang dibutuhkan oleh suatu reaksi penguraian senyawa organik pada suatu proses. Besarnya nilai COD pada suatu sampel air dipengaruhi oleh besarnya zat yang tidak dapat dioksidasi secara biologis, sehingga diperlukan pengoksidasian secara kimiawi.



Gambar 4.11 Konsentrasi parameter COD

Berdasarkan hasil pengamatan pada parameter COD, dengan penurunan COD sebesar 44,42%, hal tersebut dipengaruhi oleh proses oksidasi yang terjadi pada saat dilakukannya proses aerasi pada reaktor uji, dan juga dipengaruhi oleh mikroorganisme yang hidup di reaktor yang menyebabkan penguraian komponen organik. Pada awal proses fitotreatment, kebutuhan oksigen yang harus dipenuhi masih cukup tinggi dikarenakan kontaminan masih berjumlah besar dan kompleks. Namun seiring berjalannya proses fitotreatment tersebut, beban pencemar semakin sedikit, dan juga dibantu oleh pompa aerasi yang membuat kebutuhan oksigen semakin menurun.



Gambar 4.12 Konsentrasi COD tiap reaktor

Hal tersebut juga didukung oleh perubahan konsentrasi yang terjadi pada reaktor L2 yang mendapat perlakuan sama dengan reaktor lain yang diberikan aerator. Meskipun tidak seberpengaruh pada reaktor L3 dan L4, namun cukup membuktikan bahwa pemberian suplai tambahan terhadap treatment dapat mereduksi kadar kebutuhan oksigen kimiawi pada air limbah.

4.3.4 Kaitan Waktu Tinggal Tumbuhan terhadap Efektivitas Fitotreatment

Pada proses treatment yang menggunakan makhluk hidup sebagai agen, tentu membutuhkan waktu agar proses treatment berjalan secara optimal. Tidak seperti treatment dengan cara fisika maupun kimia, treatment biologis membutuhkan beberapa perlakuan mendukung untuk membuat makhluk hidup tersebut bekerja secara optimal dan menghasilkan hasil yang diinginkan.

Berdasarkan data yang didapatkan dari penelitian terdahulu oleh Safarrida (2015), didapatkan bahwa tumbuhan *Salvinia sp* memiliki ketahanan dan serapan terhadap senyawa kromium lebih tinggi dibandingkan dengan kemampuan yang dimiliki tumbuhan *Pistia stratiotes*. Didapatkan data bahwa di hari ke-15 tumbuhan *Salvinia sp* mampu menurunkan kadar kromium total hingga 80,4%. Maka dengan alasan pengembangan ilmu pengetahuan, fitotreatment pada penelitian ini dilakukan selama 20 hari.

Dari hasil uji yang telah diperoleh dari proses fitotreatment, dapat diasumsikan bahwa waktu tinggal yang optimal untuk tumbuhan *S.molesta* dalam

mengakumulasi polutan ialah di antara 8 - 12 hari. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil uji Cr (VI), DHL, dan COD yang mulai mengalami penurunan kemampuan untuk mendegradasi kadar polutan di hari ke-16. Pun pada parameter TDS telah mengalami peningkatan kadar kekeruhan yang diakibatkan dari tumbuhan yang telah jenuh dan berakhir menjadi polutan baru.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai Metode Fitotreatment pada Limbah Cair Penyamakan Kulit, dapat ditarik kesimpulan bahwa pasca dilakukan metode Fitotreatment selama 20 hari, tumbuhan *Salvinia molesta* berhasil mereduksi kadar Cr^{6+} sebesar 92,36% , kadar daya hantar listrik (DHL) sebesar 48,37% , kadar parameter *Total Dissolved Solid* (TDS) sebesar 8,88%, dan kadar parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 44,42%. Dengan waktu detensi paling optimal untuk *Salvinia molesta* dalam mereduksi kontaminan tersebut adalah 8 – 12 hari.

5.2 Saran

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan, Adapun saran yang dapat diberikan oleh peneliti pada penelitian selanjutnya, khususnya pada ruang lingkup penggunaan metode fitotreatment limbah cair penyamakan kulit, yaitu diharapkan dapat dilakukan penelitian dengan interval waktu pengecekan sampel uji yang lebih pendek untuk mengetahui efektivitas fitotreatment secara lebih akurat. Dan pada proses penelitian selanjutnya, pada upaya pemberian penerangan tambahan untuk memaksimalkan proses fotosintesis dapat digunakan lampu UV dengan spesifikasi yang disesuaikan dengan kebutuhan tumbuhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akram., Aysha. dkk (2020). *Enhanced remediation of Cr⁶⁺ in bacterial-assisted floating wetlands*. *Water and Environment Journal* Vol. 34, Issue S1.
- APA Pivetz, B. E. (2001). *Phytoremediation of contaminated soil and ground water at hazardous waste sites*. USEPA Washington, D. C.
- Arliyani, I., Tangahu, B. V., Mangkoedihardjo, S., Zualika, E. & Kurniawan, S. B. (2023). *Enhanced Leachate Phytodetoxification Test Combine with Plants and Rhizobacteria Bioaugmentation*. Hal 1 – 17.
- Aziz, Ugya (2016) *A Concise Review on the Effect of Tannery Waste Water on Aquatic Fauna*. *Merit Research Journal of Medicine and Medical Sciences*.
- Bhaita, SC (2011). **Pencemaran dan Pengendalian Lingkungan dalam Industri Proses Kimia**. Edisi ke-2. hal 1273.
- Budhi P., & Joko P. (2018). **Fitoremediasi sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat**.
- Damanik, M. O., & Purwanti, I. F. (2018). *Range Finding Test (RFT) Cyperus rotundus L dan Scirpus grossus sebagai Penelitian Pendahuluan dalam Pengolahan Limbah Cair Tempe*. *Jurnal Teknik ITS*.
- Dilapanga, Hamka (2007). **Penurunan Logam Berat Cr pada Limbah Penyamakan Kulit dengan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) Menggunakan Metode Wetland**. Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia.
- Ernawan W. & Mahmud S. (2018). **Pengaruh Pencemaran Merkuri Terhadap Biota Air**. Bogor.
- Giacinta M., Salimih Z., & Juniadi J. (2013). **Pengolahan Logam Berat Krom (Cr) pada Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit dengan Proses Koagulasi dan Presipitasi**. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Hal 1 – 8.

- Hidayati, Nuril, F. Syarif & T. Juhaeti (2009). **Pemanfaatan *Salvinia molesta* D.S. Mitchell, Akumulator Merkuri di Sawah Tercemar Limbah Penambangan Emas.** Jurnal Teknik Lingkungan.
- Hutagalung, H.P. (1984). **Logam Berat dalam Lingkungan Laut.** Oseana, Vol. IX, Nomor 1 : 11-20.
- Imron, M.F., 2023. **Mekanisme Fitoremediasi dalam Pengolahan Air Limbah dan Tantangan dalam Penerapannya.** Artikel Ilmiah. UNIAR.
- Juwitasari., D. (2023). **Elusi Logam Tembaga dan Krom Abu Layang Pembangkit Listrik Tenaga Uap.** Jurnal Teknologi Kimia Mineral. Politeknik Industri Furnitur dan Pengolahan Kayu.
- Khairunnisa, Rizka (2016). **Potensi Tanaman *Alocasia macrorrhiza* Sebagai Fitoremediator Logam Kromium pada Limbah Sedimen Penyamakan Kulit.** Thesis, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Khan M. A (2014). ***Pistia stratiotes* L. (araceae) Phytochemistry, Use in Medicines, Phytoremediation, Biogas and Management Option.** Journal. The University of Agriculture, Peshawar : Pakistan.
- Kumar P., Kaur R., Celestin D. & Kumar P. (2019). ***Chromium removal efficiency of plant, microbe & media in experimental VSSF constructed wetlands under monocopper and co-cropped conditions.*** Environ Sci Pollut Res. Germany.
- Linuwih, B. C. (2022). **Kombinasi Metode *Constructed Wetland* dan Desinfeksi Sinar UV dalam Penurunan Kadar Total Coliform pada Limbah Domestik Industri Galangan Kapal.** Tugas Akhir. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Maryudi A., Rahayu R., Syauqi, & Islami M. K. (2021). **Teknologi Pengolahan Kandungan Kromium dalam Limbah Penyamakan Kulit Menggunakan Proses Adsorpsi : review.** Jurusan Teknik Kimia dan Lingkungan. Vol. 5. No.1. hal 90 – 99.

- Merdekaningsih, M. D. (2013). **Gulma mata ikan (*Lemna perpusilla* L.) sebagai Agen penyerap Logam Berat (Cu, Cd, Mn dan Fe) dari Limbah Cair Laboratorium Kimia**. Skripsi. Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.
- Moa G.A. & Caroline, J.(2015). **Pemanfaatan Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) untuk Menurunkan Konsentrasi Logam Timbal (Pb) dalam Air Limbah Industri Peleburan Tembaga dan Kuningan**. Seminar Nasional Sains dan Teknologi. Vol. 10, no 3, hal 733 – 744
- Monita, R., Purnomo, T., & Budiono, D. (2013). **Kandungan Klorofil Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) Akibat Pemberian Logam Kadmium (Cd) pada Berbagai Konsentrasi**. Ejournal unesa. Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Surabaya, Surabaya.
- Nafiat, N., & Titah , H. S. (2021). **Pengolahan Air Limbah dari Kegiatan Pemeliharaan dan Pencucian Lokomotif dengan Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)**. Jurnal Teknik ITS, hal 82-87.
- Oktavia., Z. dkk (2016). **Pengaruh Variasi Lama Kontak Fitoremediasi Tanaman Kiambang (*Pistia stratiotes*) terhadap Kadar Kadmium (Cd) pada Limbah Cair Home Industry Batik “X” Magelang**. Jurnal Kesehatan Masyarakat. UNDIP, Semarang.
- Paul H. L., Phillips P. S., Covington A. D., Evans P., & Antunes A. P. M. (2013). ***Dechroming optimization of chrome tanned leather waste as potential poultry feed additive: A waste to resources***.
- Pawlisz A. V., R. A. Kent., U. A. Schneider., C. Jefferson (1993). ***Canadian Water Quality Guidelines for Chromium. Environmental Toxicology Water Quality : Canada***.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014.
- Peraturan Daerah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta No.7 Tahun 2016.

- Phillips, D.J.H. (1980). ***“Proposal for monitoring studies on the concentration of The East Asian Seas by trace metals and organochlorines”*** dalam ***South Chine fisheries development and coordinating programme***. Manila.
- Prayitno. (2017). **Teknologi Bersih Proses Penyamakan Kulit**. CV. Grafika Indah.
- Putranto R., Kasim A., Marsum Z. (2017). **Fitoremediasi Logam Cu dan Zn dengan Tanaman Eceng gondok**. Jurnal LOGIKA Vol. 2 No.22, Juli 2005. Hal 57 – 67. Fakultas MIPA Jurusan Kimia. Universitas Islam Indonesia.
- Sasikala, T., & Papinazath, T. (2006). ***Biodegradation of Tannery Effluent and Recovery of Byproducts using aquatic plants***. Botanical Bulletin of Academia Sinica, Vol.47. Hal 197-205.
- Setiyono, Yudo S., (2014). **Daur Ulang Air Limbah Industri Penyamakan Kulit (Studi Kasus di Lingkungan Industri Kulit, Magetan, Jawa Timur)**. BPPT Press.
- Setyawan D.Y, (2012). **Pengaruh Nisbah Tutupan Area Gulma Mata Ikan (*Lemna minor L.*) terhadap Penyerapan Logam Timbal [Pb] dan Seng [Zn] dari Air Limbah tekstil**. Skripsi. Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.
- Shabani, N, Sayadi, M. (2012). **Evaluasi akumulasi logam berat oleh dua makrofita yang muncul dari tanah yang tercemar : sebuah studi eksperimental**. Jurnal Lingkungan Hidup
- Silva Jonatas Pedro, Teixeira Rafael, Silva Ivo R., SoaresEmmanuele M.B., Lima Augusto (2021). ***Decomposition and nutrient release from legume and non-legume residues in a tropical soil. European Journal of Soil Science***. Vol 73, Issue 1.
- SNI 6989.71: 2009. **Cara Uji Krom Heksavalen (Cr-VI) dalam Contoh Uji secara Spektrofotometri**.

SNI 6989.2:2019. **Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi dengan Refluks Tertutup secara Spektrofotometri.**

Subroto M. A. (1996). **Fitoremediasi. Prosiding Pelatihan dan Lokakarya Peranan Bioremediasi dalam Pengelolaan Lingkungan.** Cibinong: LIPI/BPPT?HSF, Hal 52-69.

Taufikurrahman T., Melani L., Sianturi N. H. L., Wirawan & Saifullah A.F. (2023). ***Effective removal of chromium from contaminated water using horizontal subsurface flow constructed wetland with Napier grass (*Pennisetum purpureum*).*** Vol. 4, Issue 2. Institut Teknologi Bandung.

Viobeth, B. R., Sri S., dan Endro Sutrisno (2012). **Fitoremediasi Limbah Mengandung Timbal (Pb) dan Nikel (Ni) menggunakan Tumbuhan Kiambang (*Pistia stratiotes*).** Jurnal Sains. UNDIP, Semarang.

Wikipedia (2024). *Salvinia molesta*

Wu C., Zhang W., Liao X., Zeng Y., & Shi B. (2014). ***Transpositions od chrome tanning in leather making.*** *Journal of the American Leather Chemist Association.* Hal 176-183.

LAMPIRAN

Lampiran 1 : Pengukuran Parameter Krom (VI)

Mengacu pada Standar Nasional Indonesia 6989.71:2009 cara uji krom heksavalen (Cr-VI) dalam contoh uji secara spektrofotometri adalah sebagai berikut:

A. Persiapan contoh uji krom heksavalen

1. Menyiapkan contoh uji yang telah disaring dengan kertas saringan membran berpori 0,45 μm dan diawetkan.
2. Pembuatan larutan induk logam Cr^{6+} 500 mg(Cr-VI)/L, melarutkan $\pm$ 141,4 mg $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ kering dengan aquades pada labu ukur.
3. Pembuatan larutan baku logam krom 50 mg (Cr-VI)/L, memasukkan 10 mL larutan induk dan pengenceran dengan aquades.
4. Pembuatan larutan baku logam krom 5 mg (Cr-VI)/L, memasukkan 10 mL larutan baku logam krom 50mg/L dan dilakukan pengenceran dengan aquades.
5. Pembuatan larutan kerja logam Cr (VI)
 - Membuat deret larutan kerja dengan 1 blanko dan 3 kadar yang berbeda.
 - Memasukkan kedalam gelas piala 100 mL, ditambahkan 0,25 mL (5 tetes) H_3PO_4 .
 - Mengatur pH larutan hingga 2,0 – 0,5 dengan penambahan asam sulfat 0,2 N.
 - Memindahkan larutan kerja ke dalam labu ukur 100 mL
 - Menambahkan 2 mL larutan definilkarbazida, kocok dan diamkan 5 hingga 10 menit, larutan kerja siap diukur serapannya.
6. Pembuatan kurva kalibrasi
 - Mengatur spektrofotometer dengan Panjang gelombang 530 nm atau 540 nm;
 - Mengukur serapan masing-masing larutan kerja, pencatatan hasil uji.

7. Pengukuran contoh uji, dilakukan dengan larutan kerja dimasukkan ke alat spektrofotometer dan dilakukan pengujian dengan Panjang gelombang 530 nm.

B. Pembuatan kurva kalibrasi

- Mengatur spektrofotometer dengan Panjang gelombang 530 nm atau 540 nm;
- Mengukur serapan masing-masing larutan kerja, pencatatan hasil uji.

- C. Pengukuran contoh uji, dilakukan dengan larutan kerja dimasukkan ke alat spektrofotometer dan dilakukan pengujian dengan Panjang gelombang 530 nm.

Lampiran 2 : Pengukuran Parameter Daya Hantar Listrik (DHL)

Pengecekan Daya Hantar Listrik pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *conductivity meter* dengan acuan instruksi kerja alat conductivity meter oleh Universitas Brawijaya tahun 2015.

1. Persiapan Alat dan Bahan

- Conductivity Meter: Pastikan alat dalam kondisi baik dan bersih.
- Standar Larutan: Siapkan larutan standar untuk kalibrasi (misalnya, larutan NaCl dengan konsentrasi tertentu).
- Air Bersih: Gunakan air bersih atau destilasi untuk membersihkan alat.

2. Kalibrasi Conductivity Meter

- Hidupkan Alat: Nyalakan conductivity meter sesuai dengan petunjuk produsen.
- Pilih Mode Kalibrasi: Pilih mode kalibrasi pada meter jika ada (biasanya terdapat pada menu pengaturan).
- Rendam Sensor: Celupkan sensor meter ke dalam larutan standar yang sesuai dengan rentang pengukuran alat.
- Ikuti Petunjuk Kalibrasi: Ikuti petunjuk pada layar untuk melakukan kalibrasi. Alat biasanya akan menunjukkan hasil yang diharapkan dan mengharuskan Anda untuk menyesuaikan pengaturan.
- Bilas Sensor: Setelah kalibrasi, bilas sensor dengan air bersih untuk menghindari kontaminasi.

3. Pengukuran Konduktivitas

- Siapkan Sampel: Ambil sampel larutan yang akan diukur.
- Rendam Sensor: Celupkan sensor conductivity meter ke dalam sampel larutan. Pastikan sensor sepenuhnya terendam dalam larutan.
- Tunggu Stabilitas: Tunggu beberapa detik hingga nilai konduktivitas pada layar stabil. Nilai ini akan menunjukkan konduktivitas larutan dalam satuan $\mu\text{S}/\text{cm}$ atau mS/cm , tergantung pada alat.
- Catat Hasil: Catat hasil pengukuran sesuai kebutuhan.

4. Pembersihan dan Penyimpanan

- Bersihkan Sensor: Setelah pengukuran, bersihkan sensor dengan air bersih untuk menghindari penumpukan kotoran atau kontaminasi.
- Matikan Alat: Matikan conductivity meter jika tidak digunakan.
- Simpan Alat: Simpan alat di tempat yang kering dan aman, jauh dari suhu ekstrem dan kelembapan tinggi.

Lampiran 3 : Pengukuran Parameter *Total Dissolved Solid* (TDS)

Pengecekan *Total Dissolved Solid* pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *conductivity meter* dengan acuan instruksi kerja alat conductivity meter oleh Universitas Brawijaya tahun 2015.

1. Persiapan Alat dan Bahan

- Conductivity Meter: Pastikan alat dalam kondisi baik dan bersih.
- Standar Larutan: Siapkan larutan standar untuk kalibrasi (misalnya, larutan NaCl dengan konsentrasi tertentu).
- Air Bersih: Gunakan air bersih atau destilasi untuk membersihkan alat.

2. Kalibrasi Conductivity Meter

- Hidupkan Alat: Nyalakan conductivity meter sesuai dengan petunjuk produsen.
- Pilih Mode Kalibrasi: Pilih mode kalibrasi pada meter jika ada (biasanya terdapat pada menu pengaturan).
- Rendam Sensor: Celupkan sensor meter ke dalam larutan standar yang sesuai dengan rentang pengukuran alat.
- Ikuti Petunjuk Kalibrasi: Ikuti petunjuk pada layar untuk melakukan kalibrasi. Alat biasanya akan menunjukkan hasil yang diharapkan dan mengharuskan Anda untuk menyesuaikan pengaturan.
- Bilas Sensor: Setelah kalibrasi, bilas sensor dengan air bersih untuk menghindari kontaminasi.

3. Pengukuran Konduktivitas

- Siapkan Sampel: Ambil sampel larutan yang akan diukur.
- Rendam Sensor: Celupkan sensor conductivity meter ke dalam sampel larutan. Pastikan sensor sepenuhnya terendam dalam larutan.
- Tunggu Stabilitas: Tunggu beberapa detik hingga nilai TDS pada layar stabil. Nilai ini akan menunjukkan kadar TDS pada larutan dalam satuan mg/L, tergantung pada alat.
- Catat Hasil: Catat hasil pengukuran sesuai kebutuhan.

4. Pembersihan dan Penyimpanan

- Bersihkan Sensor: Setelah pengukuran, bersihkan sensor dengan air bersih untuk menghindari penumpukan kotoran atau kontaminasi.
- Matikan Alat: Matikan conductivity meter jika tidak digunakan.
- Simpan Alat: Simpan alat di tempat yang kering dan aman, jauh dari suhu ekstrem dan kelembapan tinggi.

Lampiran 4 : Pengukuran Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Pengecekan Parameter COD mengacu pada SNI 6989.2:2019 tentang Cara Uji kebutuhan Oksigen Kimiawi dengan Refluks Tertutup secara Spektrofotometri.

A. Persiapan contoh uji

1. Penghomogenan contoh uji.
2. Pencucian tabung refluks dengan H_2SO_4 20% sebelum digunakan.
3. Pemberian 2,5 mL contoh uji, 1,5 mL digestion solution, dan 3,5 mL H_2SO_4 pada tabung ampul COD.
4. Penutupan tabung ampul dan dilakukan penghomogenan.
5. Tabung ampul diletakkan di thermos reaktor yang telah dipanaskan hingga suhu 150°C .

B. Pengawetan Contoh Uji

1. Contoh uji diawetkan dengan menambahkan H_2SO_4 hingga pH mencapai < 2 , dan disimpan dalam pendingin dengan suhu 4°C maksimal 7 hari penyimpanan.

C. Prosedur Pengujian

1. Suhu contoh uji yang telah diawetkan dinormalkan hingga suhu ruang.
2. Suspensi dibiarkan mengendap dan memastikan bagian yang akan diukur jernih.
3. Pembacaan contoh uji dilakukan dengan panjang gelombang 650 nm dengan menggunakan blanko yang tidak direfluks sebagai larutan referensi.

Lampiran 5 : Perhitungan

a. Persentase Penurunan Krom (VI)

$$\begin{aligned} \text{EF} &= \frac{(Co-Ct)}{Co} \times 100\% \\ &= \frac{(2,49-0,26)}{2,49} \times 100\% \\ &= 92,36 \% \end{aligned}$$

b. Persentase Penurunan Daya Hantar Listrik (DHL)

$$\begin{aligned} \text{EF} &= \frac{(Co-Ct)}{Co} \times 100\% \\ &= \frac{(740-382)}{740} \times 100\% \\ &= 48,37 \% \end{aligned}$$

c. Persentase Fluktuasi *Total Dissolved Solid* (TDS)

$$\begin{aligned} \text{EF 0 - 12} &= \frac{(Co-Ct)}{Co} \times 100\% & \text{EF16 - 20} &= \frac{(Co-Ct)}{Co} \times 100\% \\ &= \frac{(518-369)}{518} \times 100\% & &= \frac{(369-472)}{369} \times 100\% \\ &= 28,76\% & &= - 19,88 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EF} &= 28,76 \% - 19,88 \% \\ &= 8,88 \% \end{aligned}$$

d. Persentase Penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD)

$$\begin{aligned} \text{EF} &= \frac{(Co-Ct)}{Co} \times 100\% \\ &= \frac{(124-68,91)}{124} \times 100\% \\ &= 44,42 \% \end{aligned}$$

TUGAS AKHIR

ANALISIS EFEKTIVITAS METODE FITOTREATMENT DENGAN *Salvinia molesta* DALAM MENURUNKAN KADAR Cr (VI) PADA *TANNERY WASTEWATER*

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan



Disusun Oleh :

Lucy Pritha Wardhani

20513047

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Dr. Ir. Andik Yulianto, S.T., M.T.

NIK. 025100407

Tanggal : 12/10/24

Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.

NIK. 155130112

Tanggal :

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Any Juliani, S.T., M.Sc., (Res.Eng.), Ph.D.

NIK. 045130401

Tanggal :

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

HALAMAN PENGESAHAN
ANALISIS EFEKTIVITAS METODE FITOTREATMENT
DENGAN *Salvinia molesta* DALAM MENURUNKAN KADAR
Cr (VI) PADA *TANNERY WASTEWATER*

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Kamis

Tanggal : 24 Oktober 2024

Disusun Oleh :

Lucy Pritha Wardhani
20513047

Tim Penguji :

- Dr. Ir. Andik Yulianto, S.T., M.T.
- Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.
- Dr. Joni Aldila Fajri, S.T., M.Eng

() 22/10/24
()
()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar Pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 24 Oktober 2024

Yang membuat pernyataan,



Lucy Pritha Wardhani

NIM : 20513047

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji Syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan hidayahNya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Analisis Efektivitas Metode Fitotreatment dengan *Salvinia molesta* dalam Menurunkan Kadar Cr (VI) Pada *Tannery Wastewater*”**. Penyusunan tugas akhir ini dimaksudkan sebagai prasyarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 (S1) Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Selain itu, pada kesempatan ini peneliti ingin mengucapkan terima kasih kepada beberapa pihak yang telah turut membantu dalam penyusunan tugas akhir ini, yaitu:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesempatan, nikmat, dan karuniaNya sehingga atas ridhoNya peneliti dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua peneliti, Bapak Drs. Heru Lutrianto dan Ibu Dra. Sri Rianingsih yang senantiasa memberikan dukungan dan doa untuk kelancaran penyusunan tugas akhir ini.
3. Ibu Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng), Ph. D. selaku Kepala Prodi Teknik Lingkungan.
4. Bapak Dr. Ir. Andik Yulianto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah berkenan meluangkan waktunya untuk membimbing peneliti dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Ibu Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang juga telah berkenan meluangkan waktunya untuk membimbing peneliti dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Lingkungan yang telah memberikan ilmu dan dedikasinya selama peneliti menempuh studi.
7. Kepada para laboran yang juga turut serta dalam membantu dan membimbing selama proses pengerjaan tugas akhir.

8. Kepada Mba Ratri, Mas Frida, Mba Dyah, Kak Rifaldy, Dimas, Narendra, Sakha, Keluarga Besar Hidjazie Kartawidjaja, Keluarga Besar P.H.Edisuryono, dan Keluarga Besar R.Oetomo, selaku keluarga yang telah memberi dukungan dan dorongan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Keluarga Teknik Lingkungan UII Angkatan 2020.

Semoga Allah memberikan pertolongan dan pahala kepada semua pihak yang telah membantu peneliti dalam proses penyusunan tugas akhir ini. Penulis juga meminta maaf apabila dalam penulisan tugas akhir ini ada tutur kata atau perbuatan yang kurang berkenan, peneliti dengan segenap hati menyampaikan permohonan maaf.

Akhirnya peneliti berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi sesama dan dapat digunakan untuk tujuan pendidikan.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 24 Oktober 2024

Peneliti,



Lucy Pritha Wardhani

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRACT

Wardhani, Lucy Pritha. “*Analysis of The effectiveness of The Phytotreatment Method using Salvinia molesta plants in Reducing Cr (VI) levels in Tannery Wastewater*” Advisor : (1) Dr. Ir. Andik Yulianto, S.T., M.T. (2) Puji Lestari S.Si., M.Sc., Ph.D.

Thesis. Environmental Engineering Major, Faculty of Civil Engineering and Planning. University of Islam Indonesia. 2024.

Tannery Wastewater contains various kinds of contaminants, which if not treated properly will cause the huge impacts for the environment. From the test of concentration of Kromium, we know that the treatment still had 0,6 ppm chromium hexavalent (Cr^{6+}) left, while the Cr^{6+} quality standard that permitted according to the Regulation of the Minister of Environment of The Republic of Indonesia Number 5 of 2014 amounting to 0,1 ppm. Due to this problem, a phytotreatment experiment was carried out with Salvinia molesta in effluent water samples from the tannery wastewater treatment plant. To maximize the experiment of phytotreatment method with Salvinia molesta as the agent of contaminant reducer, Cr^{6+} was added to the wastewater sample until 10 ppm concentration. In the phytotreatment test, the wastewater with 75% dilution had been used with a ratio of wastewater and PDAM water is 1:3 with 2,49 ppm concentration of Cr^{6+} . After the phytotreatment method had been applied for 20 days, the Salvinia molesta successfully reduced Cr^{6+} 92,36% until the final concentration is 0,26 ppm, conductivity of wastewater until 48,37%, the Total Dissolved Solid parameter until 8,8%, also Chemical Oxygen Demand parameter until 44,42%. Even if the reduction of Cr^{6+} were not qualified with the quality standard, but consider of the accumulation of Cr^{6+} on Salvinia molesta with percentage 92,36% which the efficiency removal in general were 85 – 90%, this method can be categorized as the quite efficient method to reducing Cr^{6+} in biological way.

Keyword : *Chromium hexavalent, Heavy metal, Phytotreatment, Tannery wastewater,*

ABSTRAK

Wardhani, Lucy Pritha. “Analisis Efektivitas Metode Fitotreatment Menggunakan Tumbuhan *Salvinia molesta* dalam Menurunkan Kadar Cr (VI) pada Tannery Wastewater” **Pembimbing : (1) Dr. Ir. Andik Yulianto, S.T., M.T. (2) Puji Lestari S.Si., M.Sc., Ph.D.**

Skripsi, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, 2024.

Limbah cair penyamakan kulit mengandung berbagai macam kontaminan, yang jika tidak diolah dengan tepat akan menyebabkan dampak yang berkepanjangan bagi lingkungan. Hasil analisis menyatakan bahwa limbah cair penyamakan kulit yang telah melalui proses pengolahan masih menyisakan kromium heksavalen (Cr^{6+}) sebesar 0,06 mg/L, sementara baku mutu Cr^{6+} yang diperbolehkan menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 sebesar 0,1 mg/L. Atas permasalahan tersebut, dilakukan eksperimen fitotreatment dengan *Salvinia molesta* pada sampel air effluent pengolahan limbah cair penyamakan kulit. Untuk memaksimalkan pengujian efektivitas *S.molesta* sebagai agen fitotreatment pada penelitian ini, dilakukan penambahan Cr^{6+} pada sampel limbah cair yang telah diambil hingga konsentrasi 10 mg/L. Pada uji fitotreatment digunakan pengenceran 75% dengan perbandingan limbah cair dan air PDAM 1:3 dan didapatkan konsentrasi Cr^{6+} sebesar 2,49 mg/L. Pasca dilakukan fitotreatment selama 20 hari, didapatkan hasil penurunan Cr^{6+} sebesar 92,36% dengan konsentrasi akhir 0,26 mg/L, parameter DHL sebesar 48,37% dengan konsentrasi 382 $\mu\text{S}/\text{cm}$, parameter TDS sebesar 8,88% dengan konsentrasi 472 mg/L, dan parameter COD sebesar 44,42% dengan konsentrasi 68,91 mg/L.

Kata kunci : Fitotreatment, Kromium heksavalen, Limbah cair penyamakan kulit,
Logam berat

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Industri Penyamakan Kulit.....	4
2.1.1 Karakteristik Limbah Cair Penyamakan Kulit.....	5
2.2 Logam Berat.....	5
2.2.1 Logam Berat Kromium (Cr).....	6
2.3 Pencemaran Lingkungan.....	8
2.4 Fitotreatment	8
2.4.1 Mekanisme Fitotreatment.....	10
2.5 Tumbuhan Kiambang (<i>Salvinia molesta</i>).....	11
2.5.1 Klasifikasi Tumbuhan Kiambang.....	12
2.5.2 Morfologi Tumbuhan Kiambang	12
2.6 Baku Mutu.....	13
2.7 Metode pengolahan yang telah ada	14
2.8 Penelitian Terdahulu.....	17
BAB III METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Metode Penelitian.....	19
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	19

3.3 Alat dan Bahan	20
3.4 Metode dan Rancangan Penelitian	20
3.4.1 Pengambilan Sampel	20
3.4.2 Parameter Penelitian	20
3.4.3 Preparasi Reaktor	21
3.4.4 Reaktor Wetland	21
3.4.5 Tahap Penelitian	22
3.4.6 Variasi Pengolahan	Error! Bookmark not defined.
3.4.7 <i>Running</i> Reaktor	23
3.5 Pengukuran Parameter Uji	24
3.6 Analisis Data	25
3.7 Analisis Statistik Deskriptif	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Konsentrasi Air Limbah	26
4.2 Hasil	27
4.2.1 Penelitian Pendahuluan	27
4.2.2 Uji Fitotreatment	30
4.3 Pembahasan	33
4.3.1 Pertumbuhan <i>Salvinia molesta</i> terhadap proses Fitotreatment	33
4.3.2 Efektivitas Fitotreatment dalam Menurunkan Cr (VI)	34
4.3.3 Korelasi Penurunan Parameter Lain terhadap Proses Fitotreatment	35
4.3.4 Kaitan Waktu Tinggal Tumbuhan terhadap Efektivitas Fitotreatment.	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Industri Penyamakan Kulit.....	13
Tabel 2.2 Klasifikasi air berdasarkan Daya Hantar Listrik	14
Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu	17
Tabel 3.1 Alat dan Bahan	18
Tabel 3.2 Keterangan Reaktor	19
Tabel 3.3 Acuan uji parameter Cr^{6+} , DHL, TDS dan COD	23
Tabel 4.1 Hasil Pembacaan konsentrasi awal limbah cair	25
Tabel 4.2 Hasil Pembacaan Konsentrasi Pasca Penambahan Larutan Cr (VI) ...	25
Tabel 4.3 Reaktor Uji Fitotreatment	29
Tabel 4.4 Dokumentasi Reaktor Fitotreatment	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses produksi, input dan output.....	4
Gambar 2.2 Tumbuhan Kiambang (<i>Salvinia molesta</i>)	12
Gambar 2.3 Layout IPAL perusahaan.....	16
Gambar 4.1 Proses Propagasi hari ke -1 dan hari ke-30 (kiri ke kanan)	26
Gambar 4.2 Proses Aklimatisasi	27
Gambar 4.3 Reaktor RFT hari ke-0 dan hari ke-4 (kiri ke kanan)	28
Gambar 4.4 Grafik Pertumbuhan Daun pada Tahap RFT	28
Gambar 4.5 Grafik Pertumbuhan Daun selama Proses Fitotreatment	32
Gambar 4.6 Konsentrasi Parameter Cr (VI)	33
Gambar 4.7 Konsentrasi Cr (VI) tiap reaktor	34
Gambar 4.8 Konsentrasi DHL pada tiap reaktor dan Perbandingan Cr^{6+} & DHL	35
Gambar 4.9 Konsentrasi Parameter TDS	36
Gambar 4.10 Konsentrasi TDS tiap reaktor	36
Gambar 4.11 Konsentrasi parameter COD	37
Gambar 4.12 Konsentrasi COD tiap reaktor	38

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Pengukuran Parameter krom (VI)
- Lampiran 2 : Pengukuran Parameter Daya Hantar Listrik (DHL)
- Lampiran 3 : Pengukuran Parameter Total Dissolved Solid (TDS)
- Lampiran 4 : Pengukuran Parameter Chemical Oxygen Demand (COD)
- Lampiran 5 : Perhitungan

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran lingkungan merupakan permasalahan yang perlu mendapatkan perhatian khusus mengingat potensi pencemaran lingkungan yang dapat berasal dari berbagai aspek, salah satunya limbah. Salah satu jenis limbah berdasarkan karakteristik fisiknya ialah limbah cair yang merupakan gabungan dari air dan cairan yang mengandung zat-zat polutan yang berasal dari perumahan, perkantoran, kawasan industri ataupun institusi kependidikan ((Widjajanti dkk. (2008)) dalam Merdekaningsih, 2013).

Industri penyamakan kulit merupakan salah satu sektor industri di Indonesia yang hingga kini banyak menggunakan bahan kimia dalam proses pengolahannya. Penggunaan bahan kimia dinilai lebih efektif dalam menjaga Tingkat elastisitas kulit, yang tentu berpengaruh pada kualitas kulit yang dihasilkan. Penggunaan bahan kimia berupa Krom (*Cr*), Sulfida (*S*), Klorida (*Cl*) dan bahan kimia lainnya memiliki tujuan masing-masing di berbagai langkah pengolahan. Oleh sebab itu, hingga kini penggunaan bahan kimia dinilai sebagai metode paling efektif pada proses penyamakan kulit.

Namun di sisi lain, industri penyamakan kulit juga menjadi industri dengan limbah yang sering kali dipermasalahkan pengelolaan dan dampaknya. Penggunaan berbagai bahan kimia tersebut memiliki andil yang cukup besar dalam pencemaran lingkungan dan merugikan masyarakat sekitar. Senyawa kimia yang larut ke dalam air dan terbawa hingga ke perairan warga berpotensi membahayakan kesehatan apabila dikonsumsi. Oleh karena itu, diperlukan *treatment* lanjutan dengan metode sederhana yang dapat diaplikasikan pada pengolahan limbah cair industri penyamakan kulit skala kecil – menengah sehingga dapat meminimalisir dampak yang diterima masyarakat dan lingkungan sekitar di masa yang akan datang.

Phytotreatment merupakan salah satu metode *advanced treatment* yang cara kerjanya memanfaatkan sistem metabolisme tumbuhan sebagai media penyerap

kontaminan sehingga dapat menurunkan kadar pencemar pada air limbah (Damanik & Purwanti, 2018). *Phytotreatment* dapat dilakukan secara *in-situ* atau dilakukan langsung pada tanah atau area yang terkontaminasi limbah maupun *ex-situ* atau dilakukan di luar area terkontaminasi seperti area remediasi maupun kolam buatan (Subroto, 1996). Pada jenis tumbuhan tertentu, metode ini dapat secara efektif menyerap kandungan logam berat pada media terkontaminasi, baik pada tanah, udara maupun air.

Dari latar belakang serta uraian singkat yang telah dijelaskan diatas, ditemukan beberapa masalah yang menarik untuk dikaji lebih lanjut, yaitu konsentrasi pencemar sebelum dan setelah dilakukannya metode *phytotreatment* serta efektivitas metode tersebut pada kondisi area dengan karakteristik tertentu. Oleh karena itu laporan penulisan tugas akhir ini diberi judul “Analisis Efektivitas Metode Fitotreatment Dengan *Salvinia molesta* dalam Menurunkan Kadar Cr (VI) pada Limbah Cair Penyamakan Kulit”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, dapat diidentifikasi rumusan masalah dari penelitian ini adalah pengolahan limbah cair secara konvensional masih menyisakan senyawa toksik berupa Krom (VI) dan beberapa parameter lainnya yang masih belum memenuhi ketentuan.

1.3 Tujuan Penelitian

Atas dasar rumusan masalah diatas, tujuan pengkajian permasalahan ini adalah menganalisis konsentrasi Krom (VI) pada limbah cair penyamakan kulit pasca penerapan metode Fitotreatment dalam menurunkan kadar Krom (VI).

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penulisan yang telah diuraikan, manfaat dari pengkajian permasalahan ini adalah:

- a. Salah satu bahan pertimbangan dan pengembangan dalam pengolahan limbah cair khususnya pada sektor industri penyamakan kulit.

- b. Bahan bacaan untuk memperluas keilmuan sesama mahasiswa/i teknik lingkungan ataupun program studi lainnya.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup yang telah ditentukan dalam pengkajian permasalahan yang telah dijabarkan, yaitu:

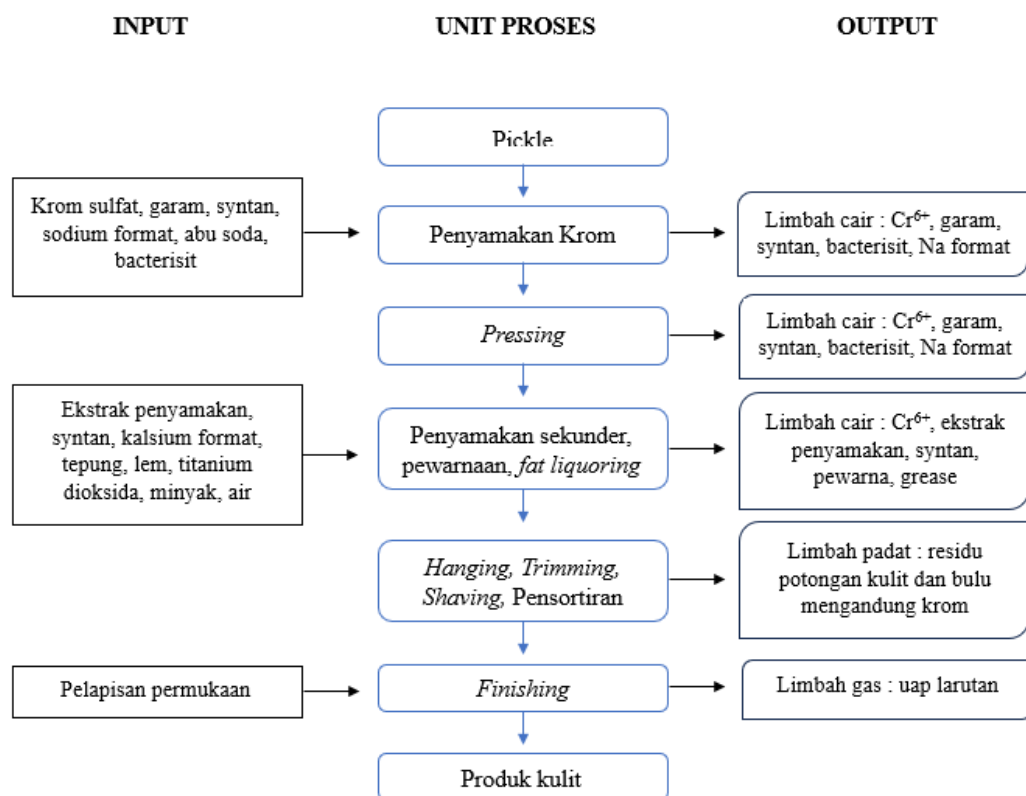
- a. Limbah cair yang akan dijadikan bahan uji merupakan effluent limbah cair penyamakan kulit terolah dari salah satu perusahaan penyamakan kulit dengan penambahan Krom (VI) sesuai kebutuhan penelitian.
- b. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Teknik Lingkungan FTSP UII.
- c. Parameter yang dijadikan fokus pada penelitian ini adalah jenis logam berat Kromium heksavalen ($Cr(VI)$) yang akan diuji menggunakan alat Spektrofotometer UV-Visible sesuai dengan SNI 6989.71:2009.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Industri Penyamakan Kulit

Industri penyamakan kulit merupakan industri yang melakukan aktivitas pengolahan terhadap kulit mentah menjadi kulit tersamak (*leather*). Tujuan dari dilakukannya penyamakan yaitu untuk mengubah sifat-sifat kulit mentah yang mudah mengalami kerusakan menjadi kulit yang tahan terhadap aktivitas mikroorganisme dan pembusukan (Prayitno, 2017).



Gambar 2.1 Proses produksi, input dan output
(Setiyono, 2014)

Gambar 2.1 menunjukkan alur proses penyamakan yang dilakukan pada suatu perusahaan industri penyamakan kulit domba atau kambing.

2.1.1 Karakteristik Limbah Cair Penyamakan Kulit

Industri penyamakan kulit termasuk salah satu industri penghasil limbah cair dengan kuantitas besar. Hal tersebut dikarenakan 1 ton kulit basah diperlukan air $\pm 40 \text{ m}^3$ dan kemudian dibuang sebagai limbah cair yang tercampur dengan bahan kimia sisa proses dan komponen kulit yang terlarut selama penyamakan (Paul dkk, 2013).

Komposisi air limbah industri penyamakan kulit cukup variatif, tergantung pada penggunaan bahan pendukungnya. Pada proses utama penyamakan kulit, perusahaan memiliki dua pilihan, yaitu penyamakan dengan daun-daunan atau penyamakan dengan bubuk kromium. Berdasarkan pengamatan di lapangan, sebagian besar perusahaan penyamakan kulit memilih menggunakan bubuk kromium karena dinilai lebih efektif, efisien dan mudah diaplikasikan.

Penyamakan kulit secara konvensional menggunakan krom menyebabkan dampak pada lingkungan karena limbah cair yang dihasilkan masih mengandung krom (Wu dkk, 2014). Walaupun krom yang digunakan pada penyamakan kulit adalah kromium trivalen (Cr^{3+}), namun tidak jarang ditemukan kromium heksavalen (Cr^{6+}) terdapat pada limbah cairnya (Giacinta dkk, 2013). Hal tersebut dikarenakan pada proses penyamakan kulit hanya mampu menyerap kromium sekitar 60 - 70% dan sisanya terbawa dalam limbah cair (Maryudi, dkk. 2021). Sehingga industri penyamakan kulit menjadi salah satu sumber utama kromium yang masuk ke dalam lingkungan akuatik (Pawlisz, dkk. 1993).

2.2 Logam Berat

Logam berat merupakan kelompok unsur logam yang memiliki berat jenis $\geq 5 \text{ gr/cm}^3$. Perbedaan logam berat dengan jenis logam lainnya terletak pada pengaruh yang dihasilkan apabila unsur tersebut berkontak di tubuh makhluk hidup. Misalnya apabila unsur logam berat jenis krom (Cr) masuk ke dalam tubuh, meskipun dalam jumlah yang kecil tentu mendatangkan dampak buruk terhadap fungsi fisiologis tubuh makhluk hidup.

Menurut Putranto (2017), karakteristik dari kelompok logam berat adalah sebagai berikut :

1. Memiliki spesifikasi gravitasi yang sangat besar (lebih dari 4).
2. Mempunyai nomor atom 22 - 34 dan 40 - 50 serta unsur-unsur lantanida dan aktinida.
3. Mempunyai respon biokimia khas (spesifik) pada organisme hidup.

Logam berat dapat berkontak dengan tubuh makhluk hidup melalui berbagai proses seperti makanan, air minum dan udara. Karena sifatnya yang cenderung terakumulasi, maka keberadaan logam berat di dalam tubuh semakin besar dan dari waktu ke waktu memberikan dampak yang semakin merusak tubuh (Ernawan dan Mahmud, 2018).

Selain berkontak secara langsung, logam berat juga dapat berkontak melalui masuknya unsur logam berat ke permukaan air. Karena massa jenisnya yang lebih berat dibandingkan massa jenis air, unsur tersebut akan mengendap di dasar perairan dan menyatu dalam sedimen. Sehingga apabila tidak dilakukan pemisahan kandungan logam berat akan semakin tinggi, yang pada akhirnya menyebabkan berbagai dampak negatif bagi lingkungan akuatik maupun ekosistem secara keseluruhan.

2.2.1 Logam Berat Kromium (Cr)

Kromium adalah salah satu unsur dari golongan logam berat dengan nomor atom 24 dengan massa atom sebesar 51,9961 u. Kromium adalah satu satunya unsur padat yang menunjukkan tingkat anti feromagnetik pada suhu ruang, namun pada suhu $\geq 38^{\circ}\text{C}$ sifatnya berubah menjadi paramagnetik.

Penggunaan utama dari senyawa kromium dalam industri adalah sebagai paduan logam seperti *stainless steel*, pelapis keramik dan plating. Kromium yang pada dasarnya memiliki sifat tahan korosi, pada produk besi apabila dipadukan dapat menghasilkan lapisan tipis yang dapat membuat produk tersebut anti oksidasi.

Namun dibalik kemanfaatannya, kromium memiliki efek samping yang tentu membahayakan baik bagi lingkungan maupun apabila berkontak dengan makhluk

hidup. Adapun beberapa contoh dari masalah kesehatan yang disebabkan dari berkontak atau masuknya kromium ke tubuh makhluk hidup :

- Ruam kulit
- Gangguan pernafasan
- Menurunnya sistem kekebalan tubuh
- Kerusakan ginjal dan hati
- Perubahan materi genetik
- kanker paru-paru
- kematian

Seberapa besar efek yang dihasilkan dari paparan kromium bergantung pada bilangan oksidasinya. Jenis krom yang berasal dari dalam alam memiliki toksisitas rendah, namun apabila berupa kromium heksavalen maka akan sangat beracun.

2.2.1.1 Kromium Trivalen (Cr (III))

Kromium trivalen (Cr(III)) merupakan unsur penting untuk organisme, ketika dosis harian terlalu rendah, dapat menyebabkan gangguan metabolisme gula dan mempengaruhi kondisi jantung. Ion Cr(III) secara termodinamika lebih stabil dalam tanah yang terendapkan sebagai besi-kromium hidroksida $(FeCr)(OH)^3$ dan kromium hidroksida $(Cr(OH)^3)$ atau termobilisasi dalam koloid tanah.

2.2.1.2 Kromium Heksavalen (Cr(VI))

Kromium heksavalen memiliki sifat yang bekebalikan dengan Cr(III) yang mana dapat mengubah bahan genetik dan menyebabkan kanker. Toksisitas dari Cr(VI) diperkirakan 10 – 100 kali dari Cr(III). Cr(VI) umumnya bersifat genotoksik, mutagenic dan karsinogenik terhadap manusia dan terhadap jaringan biota tergantung dari tingkat kelarutan dan mobilitasnya.

World Health Organization (WHO) telah merekomendasikan nilai batas toleransi kandungan Cr(VI) dalam air minum sebesar 0,05 mg/L. Untuk mencapai angka batas aman seperti yang telah direkomendasikan oleh WHO, terdapat 2 cara yang dinilai cukup efektif untuk meminimalisir konsentrasi Cr(VI) pada air yang akan dikonsumsi, yaitu pengontrolan besaran Cr(VI) yang dihasilkan dari sumber antropogenis seperti limbah buangan industri atau pengolahan lebih lanjut terhadap sumber air yang telah tercemar.

2.3 Pencemaran Lingkungan

Limbah cair yang dihasilkan industri penyamakan kulit yang mencemari permukaan air lingkungan sekitarnya dengan jumlah besar tentu menyebabkan dampak negatif yang besar bagi lingkungan tersebut. Hal tersebut tentu sangat merugikan mengingat di beberapa lokasi masyarakat masih menggunakan perairan sekitar sebagai sumber air baik untuk memasak maupun kegiatan MCK.

Limbah cair yang tidak melalui proses pengolahan yang tepat sebelum dibuang ke badan air akan merusak lingkungan karena secara tidak langsung akan mengubah komposisi dari badan air tersebut, yang dapat berdampak pada matinya ekosistem akuatik perairan tersebut. Keberadaan kandungan zat toksik tentu semakin memperburuk keseimbangan ekosistem yang tentu akan menimbulkan dampak jangka Panjang seperti punahnya suatu spesies atau bahkan krisis air bersih.

Menurut Perda Provinsi D.I. Yogyakarta No.7 tahun 2016 limbah cair adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair. Limbah cair (penyamakan kulit) adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan kegiatan yang berwujud cair dari aktivitas industri penyamakan kulit. Pada umumnya limbah dari aktivitas produksi industri penyamakan kulit memiliki karakteristik yaitu terkadang berbusa pada influent, kandungan sulfida yang cukup tinggi, kandungan padatan tersuspensi (*Total Suspended Solid*) yang tinggi, pH berkisar 3 – 12, kandungan bahan organik yang tinggi, berbau busuk, dan kandungan warna yang cukup pekat (Setiyono, 2014).

2.4 Fitotreatment

Fitotreatment merupakan salah satu metode *advanced treatment* yang memanfaatkan tumbuhan sebagai akumulator suatu pencemar (Damanik dan Purwanti, 2018). Sama halnya dengan fitoremediasi, tujuan dari fitotreatment pun untuk menghilangkan, menghancurkan atau menstabilkan bahan pencemar organik maupun anorganik pada suatu lokasi tercemar, namun untuk fitotreatment dilakukan sebagai *tertiary treatment*. Metode ini memanfaatkan metabolisme tumbuhan untuk menyerap dan mengakumulasi pencemar yang kemudian akan terkumpul di tubuh tumbuhan sehingga pencemar lebih mudah dipindahkan dan diharapkan tidak menyebabkan efek samping pasca penerapannya (Budhi dan Joko, 2018).

Fitotreatment sering ditemukan dalam pengolahan air limbah, hal tersebut disebabkan karena metode ini mudah diaplikasikan, ramah lingkungan, hemat biaya, dan lebih efisien dibanding metode *advance* lainnya. Selain itu, pada tumbuhan hiperakumulator memiliki kemampuan dalam mengakumulasi logam berat dan mengonsentrasikannya kedalam biomassa dengan kadar tinggi. Tingkat akumulasi logam berat pada tumbuhan agen fitotreatment pun berbeda-beda, bergantung pada titik jenuh yang dapat dicapai tumbuhan itu sendiri. (Budhi dan Joko, 2018).

Adapun menurut Shabani, dkk (2012) syarat yang harus dipenuhi agar suatu tumbuhan dapat digunakan sebagai agen akumulator kontaminan, yaitu

- Daya Serap yang Tinggi, akar tumbuhan harus mampu menyerap logam berat atau zat polutan lainnya dengan baik dari tanah dan air.
- Toleransi terhadap polutan, tumbuhan harus mampu bertahan hidup dan berkembang di lingkungan yang terkontaminasi oleh polutan.
- Pertumbuhan akar dalam dan menyebar, agar dapat mengakses polutan yang terperangkap di lapisan tanah yang lebih dalam serta memperluas jangkauan treatment.
- Kemampuan mendegradasi polutan, selain menyerap beberapa tumbuhan memiliki kemampuan untuk mengubah atau mendekomposisi polutan menjadi zat yang minim bahaya.
- Kemampuan untuk bertahan di lingkungan yang ekstrim, tanaman yang digunakan harus tahan terhadap kondisi lingkungan yang ekstrim.
- Produksi biomassa yang tinggi, tumbuhan yang menghasilkan banyak biomassa lebih baik karena dapat mengakumulasi lebih banyak polutan dalam jaringan tumbuhan.
- Tidak invasif, tanaman yang digunakan harus tidak bersifat invasif, sehingga tidak merusak ekosistem asli di area di mana treatment dilakukan.
- Kemampuan Translokasi Polutan, tumbuhan yang baik untuk fitotreatment harus mampu mentransfer polutan dari akar ke bagian lain seperti batang atau daun.

2.4.1 Mekanisme Fitotreatment

Efektifitas metode fitotreatment dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kondisi tumbuhan, keadaan akar, dan fase pertumbuhan tumbuhan itu sendiri. Tumbuhan akan melakukan proses pembersihan dengan penyerapan, pengakumulasian, dan proses pendegradasian kontaminan. Adapun konsep dari metode fitotreatment berdasarkan beberapa *basic concepts* (Kelly (1997), dalam Caroline. dkk(2015)) meliputi proses – proses berikut :

1. Fitostimulasi, yaitu proses tumbuhan melepaskan eksudatnya di rhizosfer. Eksudat yang terlepas kemudian merangsang pertumbuhan rhizobakteri. Pada air limbah kaya bahan organik, rhizobakteri dapat berperan sebagai perangsang degradasi polutan, sedangkan pada air limbah mengandung logam berat, rhizobakteri berperan sebagai agen stabilisasi ion logam.
2. Rhizodegradasi, merupakan tahap lanjutan dari fitostimulasi, dimana pasca pelepasan eksudat ke rhizosfer selanjutnya rhizobakteri akan mendegradasi polutan.
3. Rhizofiltrasi, yaitu pemanfaatan kemampuan akan tumbuhan untuk menyerap, mengendapkan dan mengakumulasi logam dari aliran air.
4. Fitostabilisasi, proses penstabilan ekstudat logam kompleks yang dihasilkan dari berikatannya rhizobakteri dengan logam berat pada rhizosfer.
5. Fitoekstraksi, dilakukan penyerapan kontaminan oleh akar dan melalui mekanisme transfer untuk translokasi atau akumulasi di bagian tumbuhan lainnya seperti daun dan batang.
6. Fitovolatilisasi, pasca perpindahan kontaminan ke tubuh tumbuhan, kontaminan akan diolah menjadi senyawa yang tidak berbahaya oleh tumbuhan dan dilepaskan ke udara.

Berdasarkan (Sasikala dkk,2006) adapun mekanisme penyerapan logam berat kromium oleh *Salvinia molesta*, yaitu:

1. Adsorpsi pada Permukaan Sel

Ion kromium yang berinteraksi dengan permukaan akar *S.molesta* kemudian saling berikatan dengan gugus fungsional yang terdapat pada dinding sel tumbuhan.

2. Penyerapan Ion (Absorpsi)

Ion yang telah diikat kemudian dikirimkan ke dalam jaringan sel oleh transporter ion di membran sel.

3. Reduksi Kromium (Cr^{6+} ke Cr^{3+})

Setelah diserap, *S. molesta* mengubah muatan Cr^{6+} menjadi Cr^{3+} melalui proses reduksi enzimatis, sehingga menurunkan tingkat toksisitasnya

4. Kompleksasi dan Akumulasi

Selanjutnya kromium diikat oleh molekul organik untuk melalui proses kompleksasi untuk membantu menetralkan sifat toksik kromium dan menyimpannya di dalam vakuola sel atau bagian lainnya. Akumulasi dapat terjadi pada akar, batang atau daun, bergantung pada kemampuan tumbuhan dalam memobilisasi logam tersebut.

5. Detoksifikasi dan Toleransi

Kemampuan *S.molesta* dalam mendetoksifikasi memungkinkan untuk tumbuhan tersebut memiliki toleransi terhadap keberadaan logam berat dengan konsentrasi tertentu tanpa mengalami kerusakan besar.

6. Ekskresi Kromium

S.molesta dapat melepaskan kembali sebagian kromium yang telah diserap ke lingkungan melalui ekstudat atau sel-sel mati, tetapi sebagian besar kromium yang diserap tetap terperangkap di dalam jaringan tumbuhan.

2.5 Tumbuhan Kiambang (*Salvinia molesta*)

Tumbuhan kiambang (*S. molesta*) merupakan jenis gulma air yang mengambang di permukaan dan sering dijadikan pengisi akuarium atau ornamen interior kolam air.

Manfaat dari tumbuhan kiambang sendiri adalah dapat mengurangi konsentrasi polutan dalam limbah melalui proses fitoremediasi.

2.5.1 Klasifikasi Tumbuhan Kiambang

Adapun klasifikasi kiambang (*S. molesta*) menurut Wikipedia yaitu :

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Clade	: <i>Tracheophytes</i>
Divisi	: <i>Polypodiophyta</i>
Class	: <i>Polypodiosida</i>
Ordo	: <i>Salviniales</i>
Familia	: <i>Salviniaceae</i>
Genus	: <i>Salvinia</i>
Spesies	: <i>Salvinia molesta</i>



Gambar 2.2 Tumbuhan Kiambang (*Salvinia molesta*)
Sumber : Dokumentasi pribadi, 2024

2.5.2 Morfologi Tumbuhan Kiambang

Menurut Khan (2014), tumbuhan kiambang berpotensi besar menyerap logam berat (Fe, Zn, Cu, Cr dan Cd) tanpa menyebabkan toksisitas lainnya atau penurunan pertumbuhan dikarenakan akumulasi logam berat. Hal tersebut terbukti dengan banyaknya penggunaan kiambang untuk pengolahan air limbah pertanian, domestik maupun industri.

Kiambang disebut sebagai salah satu agen fitotreatment yang memiliki efektifitas tinggi dalam penyerapan logam berat. Hal tersebut dijabarkan pada hasil penelitian Hidayati dkk (2009) yang menunjukkan bahwa tumbuhan kiambang dapat

digunakan sebagai akumulator merkuri di sawah yang tercemar limbah penambangan emas.

2.6 Baku Mutu

Dengan narasi yang telah dijabarkan diatas, dapat dilihat bahwa bahaya dari limbah cair industri penyamakan kulit telah menjadi permasalahan nyata yang memerlukan penanganan serius. Maka dari itu, Kementerian Lingkungan Hidup telah memberlakukan regulasi terkait baku mutu pengolahan limbah cair industri penyamakan kulit. Dengan berlakunya regulasi tersebut diharapkan kualitas air limbah yang dibuang ke badan air tidak banyak berpengaruh terhadap ekosistem akuatik. Berikut ini baku mutu industri penyamakan kulit tersaji pada **Tabel 2.1** dan **Tabel 2.2**.

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Industri Penyamakan Kulit
(Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.5 Tahun 2014)

Parameter	Proses Penyamakan Kulit Menggunakan Krom		Proses Penyamakan Kulit Menggunakan Daun-Daunan	
	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)
BODs	50	2	70	2,8
COD	110	4,4	180	7,2
TSS	60	2,4	50	2
Kromium Total	0,6	0,024	0,1	0,004
Minyak dan Lemak	5	0,2	5	0,2
Nitrogen Total	10	0,4	15	0,6
Amonia Total	0,5	0,02	0,5	0,02
Sulfida	0,8	0,032	0,5	0,02
pH	6-9		6-9	
Debit limbah paling tinggi	40 m3 per ton bahan baku		40 m3 per ton bahan baku	

Tabel 2.2 Klasifikasi air berdasarkan Daya Hantar Listrik
(*Colorado State University* dalam Fitriyah, 2012)

Kelas Air	DHL	Keterangan
	($\mu\text{S/cm}$)	
I	0 – 250	Sangat baik
II	>250 – 750	Baik
III	>750 – 2000	Cukup baik
IV	>2000 – 3000	Kurang baik
V	>3000	Kurang sesuai

2.7 Metode pengolahan yang telah ada

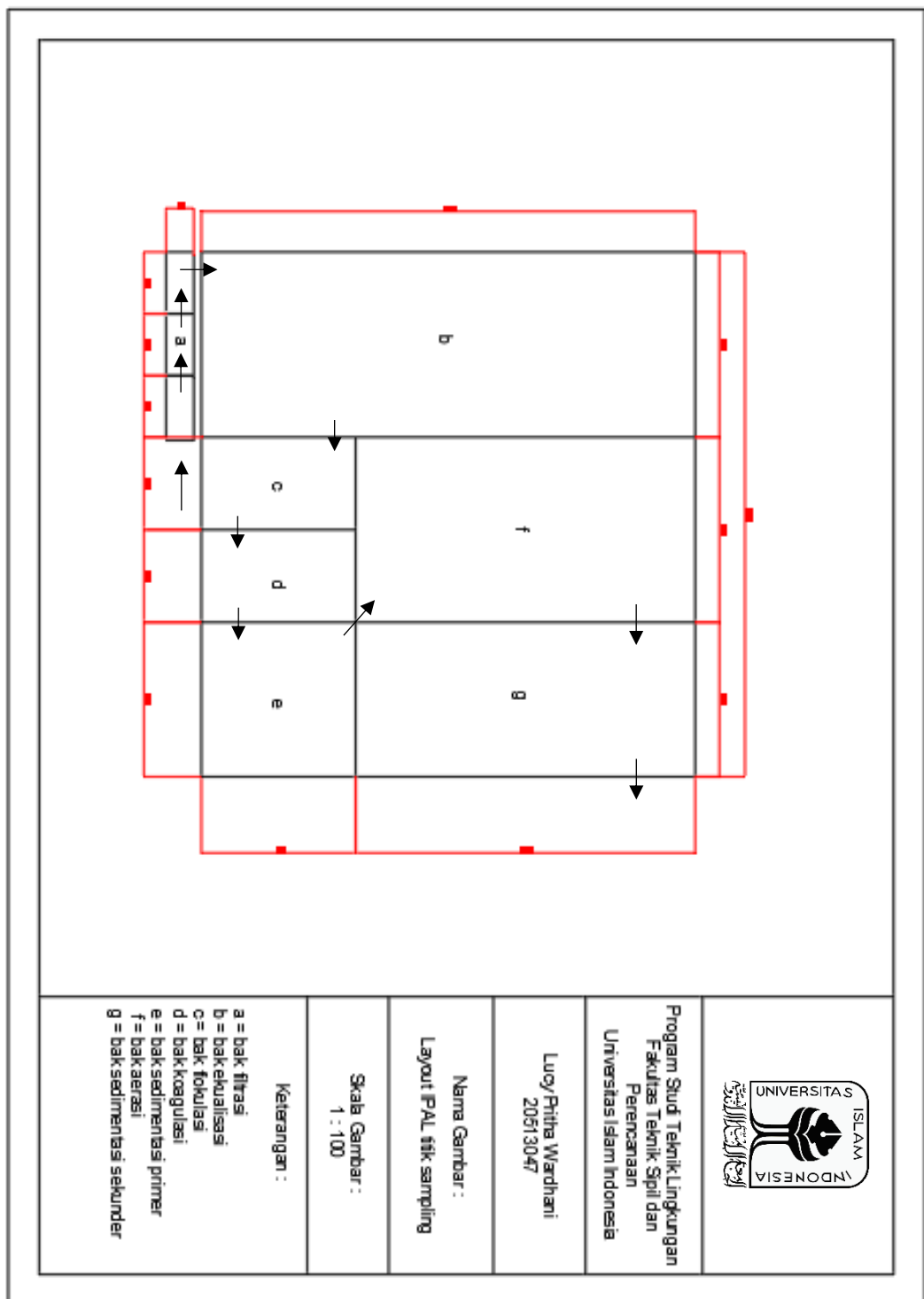
Pada pengolahan limbah cair industri penyamakan kulit perusahaan X, berfokus pada parameter-parameter dengan konsentrasi tinggi seperti kromium, minyak-lemak, amoniak, serta parameter biologis lainnya. Upaya penurunan berbagai parameter tersebut dilakukan sepanjang berjalannya proses pengolahan limbah cair. Sebagai contoh, pada upaya penurunan kadar logam berat kromium difokuskan pada proses flokulasi-koagulasi dan pada proses biologis. Logam berat kromium yang bereaksi dengan kapur pada saat proses pengapuran, selanjutnya dipompa naik ke bak flokulasi-koagulasi dan akan dilakukan pengikatan hingga membentuk flok dan diendapkan.

Adapun alur pengolahan limbah yang telah berjalan di IPAL perusahaan penyamakan kulit seperti yang tertera pada **Gambar 2.3**

- Filtrasi, yang dilakukan dengan bantuan alat filter yang dilakukan sebanyak 3 tahap untuk meminimalisir lemak ataupun partikel yang akan mengganggu proses pengolahan setelahnya.
- Ekualisasi, pasca filtrasi limbah dialirkan ke bak ekualisasi untuk dibubuhkan kapur agar air limbah yang memiliki pH 2 – 3 menjadi bersifat basa dengan pH 8. Air limbah yang telah tercampur kapur selanjutnya dipompa ke bak flokulasi.
- Flokulasi – Koagulasi, pada tahap ini limbah yang telah dibubuhi kapur akan diberi flokulan anion yang berfungsi untuk mengikat partikel – partikel halus. Dilakukan pengadukan pelan di bak koagulasi untuk membantu

proses pembentukan flok, dan dialirkan ke bak sedimentasi untuk mengendapkan flok yang telah terbentuk. Sisa flok yang mengendap akan dikuras secara teratur per 3 bulan dan diserahkan ke pihak ke-3. Sedimentasi dilakukan selama 4 hari sebelum dialirkan ke bak aerasi.

- d. Aerasi, dilakukan pemberian oksigen tambahan dari pompa untuk memenuhi kebutuhan oksigen mikroorganisme, serta per 6 hari diberikan tetes tebu sebagai nutrisi bagi mikroorganisme.
- e. Sedimentasi sekunder, dilakukan untuk mengendapkan partikel yang tersisa pada air limbah sebelum pada akhirnya dialirkan ke IPAL terpadu.



Gambar 2.3 Layout IPAL perusahaan penyamakan kulit X

2.8 Penelitian Terdahulu

Berikut beberapa penelitian yang pernah dilakukan dengan topik efektivitas *Fitotreatment* dalam menurunkan kadar Krom (Cr) pada industri Penyamakan Kulit tersaji pada **Tabel 2.3**.

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu

No.	Nama Penulis	Tumbuhan fitotreatment	Jenis limbah	Hasil pengujian
1.	Dilapanga (2007)	<i>Eichhornia crassipes</i>	Limbah cair penyamakan kulit	Efektivitas penurunan kandungan logam Cr sebesar 9,57 ppm.
2.	Hermawan (2012)	<i>Salvinia sp.</i> dan <i>Pistia stratiotes</i>	Limbah cair penyamakan kulit	<i>Pistia stratiotes</i> dan <i>Salvinia sp.</i> mampu menurunkan nilai Kromium sebesar 0,562 mg/L.
3	Safarrida, dkk (2015)	<i>Salvinia sp.</i> dan <i>Pistia stratiotes</i>	Limbah cair peyamakan kulit	Persentase serapan kadar Cr <i>Salvinia sp.</i> dan <i>Pistia stratiotes</i> berturut-turut sebesar 80,4% dan 9,9%.
4	Khairunnisa (2016)	<i>Alocasia macrorrhiza</i>	Limbah sedimen penyamakan kulit (Fitoremediasi tanah)	Mampu mereduksi logam Cr hingga 37,94%,
5	Kumar, dkk (2019)	<i>Typha</i> , <i>Phragmites</i> , <i>Acorus</i> , <i>Arundo</i> dan <i>Vetiver</i>	Limbah cair domestik yang terkontaminasi limbah industri	Berhasil mereduksi kadar Cr sebesar 61,6 % - 78,5 %.
6	Taufikurahman, dkk (2023)	<i>Pennisetum purpureum</i>	Limbah cair penyamakan kulit	Menurunkan kadar logam Cr (VI) sebesar 71,79% - 99,96%.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan bahwa Fitotreatment menjadi salah satu *advanced treatment* yang efektif untuk menurunkan kadar kromium pada air limbah. Maka dari itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui efektivitas *Salvinia molesta* dalam melakukan penyerapan terhadap logam berat jenis Kromium heksavalen ($Cr(VI)$) pada limbah cair industri penyamakan kulit dengan variasi waktu uji yang lebih panjang.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimental dengan menggunakan metode *Wetlands* tipe *Free-Water Surface* dengan jenis tumbuhan yang digunakan berupa *Salvinia molesta* yang merupakan tumbuhan terapung (*floating plant*). Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium sebagai unit pengolahan *Advance Wastewater Treatment (AWT)* untuk mengolah limbah cair penyamakan kulit pasca dilakukannya proses *secondary* berupa aerasi. Pada penelitian ini, reaktor akan terbagi menjadi 3 (tiga) macam, yaitu reaktor *control* air limbah, reaktor *control* tumbuhan dan reaktor *wetlands*. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia dengan sampel air limbah yang diambil dari *effluent* IPAL pabrik penyamakan kulit.

3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel limbah cair dilakukan di titik *effluent* pengolahan limbah cair perusahaan penyamakan kulit yang terletak di Desa Banyakan 2, Sitimulyo, Piyungan, Bantul, D.I. Yogyakarta. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Adapun setiap tahap penelitian dilakukan di rumah peneliti yang terletak di Mindi, Sleman, D.I. Yogyakarta. Penelitian dilakukan dari 27 mei sampai dengan 15 Agustus 2024.

3.3 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian ini dijabarkan pada **Tabel**

3.1

Tabel 3.1 Alat dan Bahan

No	Nama Alat	Kebutuhan	Satuan	Peruntukan
Alat yang digunakan dalam penelitian				
1	Spektrofotometer UV-Vis	1	Buah	Uji parameter Cr(VI)
2	Conductivity meter	1	Buah	DHL, TDS
3	COD reaktor	1	Buah	COD
4	Reaktor Fitotreatment	4	Buah	Tahap fitotreatment
5	Reaktor Propagasi	1	Buah	Tahap propagasi
6	Reaktor Aklimatisasi	2	Buah	Tahap aklimatisasi
7	Reaktor RFT	4	Buah	Tahap RFT
Bahan yang digunakan dalam penelitian				
1	Tumbuhan <i>S. molesta</i>	230	gram	Tumbuhan penelitian
2	Limbah cair	7,5	liter	Sampel uji

3.4 Metode dan Rancangan Penelitian

3.4.1 Pengambilan Sampel

Penelitian ini menggunakan sampel limbah cair pabrik penyamakan kulit dengan metode pengambilannya menggunakan metode *grab sampling* yang mengacu SNI 6989.59:2008. Sample limbah diambil dari bak *effluent* dengan bantuan alat berupa gayung, kemudian dilakukan pembilasan pada jerigen dengan kapasitas 5L dan 2,5L terlebih dahulu sebelum limbah cair dimasukkan dan dibawa ke lokasi penelitian dengan pengawetan sementara menggunakan *cool box* yang telah diisi dengan *ice pack*.

3.4.2 Parameter Penelitian

Parameter yang diteliti dalam penelitian ini adalah logam berat Kromium heksavalen (Cr (VI)) dengan variasi pengamatan waktu kontak selama 0, 4, 8, 12, 16, dan 20 hari. Adapun parameter pendukung yang diuji pada penelitian ini yaitu

daya hantar Listrik (DHL), *Total Dissolved Solid* (TDS), dan *Chemical Oxygen Demand* (COD).

3.4.3 Preparasi Reaktor

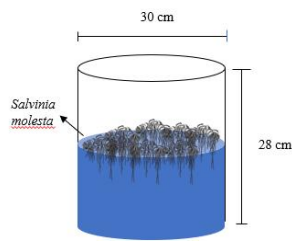
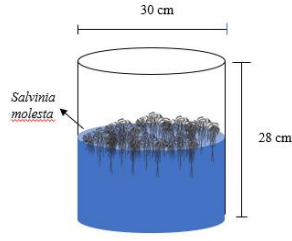
Preparasi yang dilakukan terhadap reaktor terkait penelitian ini ialah :

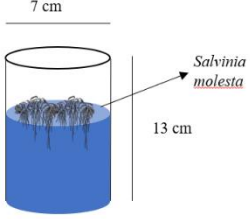
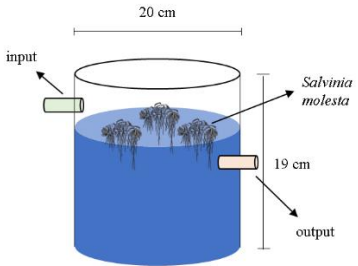
- Pemilihan jenis tumbuhan, yaitu yang sesuai dengan parameter yang telah ditentukan serta terbukti dapat secara efisien memecah kontaminan yang ada.
- Persiapan tumbuhan yang akan digunakan, berkaitan dengan ketersediaan jumlah tumbuhan yang akan digunakan pada penelitian.
- Pemilihan titik pengambilan sampel, berpengaruh pada desain peletakan lubang effluent pada reaktor.

3.4.4 Reaktor Wetland

Pada penelitian ini digunakan beberapa jenis reaktor untuk menunjang setiap tahapan yang akan dilakukan. Masing – masing memiliki isi yang berbeda berdasarkan kebutuhan pada tahap penelitian, hal tersebut dijabarkan pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2 Keterangan Reaktor

No.	Nama Reaktor	Keterangan	Design Reaktor
1.	Reaktor Propagasi	Berisi 100% air PDAM sejumlah 7L yang ditempatkan pada wadah transparan dengan kapasitas 10L.	
2.	Reaktor Aklimatisasi	Berisi 7,5L air PDAM yang ditambahkan 10 mL air limbah dengan konsentrasi Cr (VI) 9,76 mg/L. Sehingga konsentrasi Cr (VI)	

		pada reaktor ini sebesar 0,013 mg/L.	
3.	Reaktor RFT	Pada reaktor dengan kapasitas 1L diisi dengan 500 mL air dengan besar pengenceran masing-masing reaktor yang berbeda-beda yaitu 25%, 50%, 75%, dan 100%.	
4.	Reaktor Fitotreatment	Dilakukan pengisian sebanyak 3L air limbah dengan persentase penenceran terpilih pada reaktor dengan kapasitas 5L.	

3.4.5 Tahap Penelitian

Tahap penelitian dibagi menjadi dua tahap, yaitu tahap penelitian awal dan tahap penelitian utama. Pada tahap penelitian awal meliputi tahap propagasi, aklimatisasi, dan tahap *range finding test*, sedangkan pada tahap penelitian utama merupakan tahap Fitotreatment.

3.4.5.1 Tahap Propagasi

Tahap propagasi merupakan tahap memperbanyak tumbuhan yang bertujuan untuk mencukupi jumlah tumbuhan yang diperlukan saat penelitian (Nafiat dan Titah, 2021). Tahap ini dilakukan selama 30 hari pada reaktor dengan kapasitas 10L yang berisi 7L air PDAM dengan bantuan aerator akuarium 1 watt sebagai penyuplai oksigen dan air beras sebanyak 180 mL sebagai nutrisi bagi tumbuhan.

3.4.5.2 Tahap Aklimatisasi

Aklimatisasi merupakan tahap penyesuaian kondisi fisiologis tumbuhan terhadap lingkungan hidup baru yang akan ditempati tumbuhan tersebut ((Rittner dan Bailey, 2005) dalam Brilian dan Muntalif, 2019). Tujuan dari tahapan ini adalah untuk memberi waktu terhadap tumbuhan untuk beradaptasi dengan organisme baru yang ada di tempat yang akan ditinggalinya.

Pada tahap ini dilakukan penambahan air limbah sebanyak 10 mL dengan konsentrasi Cr (VI) sebesar 9,76 mg/L pada 7,5L air PDAM yang akan digunakan. Pasca penghomogenan air limbah dan air PDAM, dimasukkan *S.molesta* yang akan digunakan pada tahap pengujian selanjutnya.

3.4.5.3 Tahap *Range Finding Test* (RFT)

Range Finding Test (RFT) merupakan tahap yang dilakukan untuk mengetahui tingkat konsentrasi limbah optimum tumbuhan *S. molesta* dapat bertahan hidup. Air limbah yang digunakan telah melalui proses *spiking* Cr (VI) hingga konsentrasi Cr (VI) sebesar 9,76 mg/L. Dilakukan pengenceran terhadap limbah cair dengan konsentrasi variatif. Tahap ini dilakukan selama 4 hari dengan mengamati perubahan pada tumbuhan (Arliyani dkk., 2023)

Adapun perbandingan pengenceran limbah cair dengan air PDAM yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. 25% dengan perbandingan 1:3 yaitu limbah cair sebanyak 125 mL dan air PDAM sebanyak 375 mL.
2. 50% dengan perbandingan 2:2 yaitu limbah cair sebanyak 250 mL dan air PDAM sebanyak 250 mL.
3. 75% dengan perbandingan 3:1 yaitu limbah cair sebanyak 375 mL dan air PDAM sebanyak 125 mL.
4. 100% limbah cair tanpa pengenceran sebanyak 500 mL.

3.4.7 *Running Reaktor*

Reaktor utama yang dijalankan pada penelitian ini adalah pada tahap fitotreatment, yaitu upaya pemurnian atau pembersihan lingkungan yang tercemar dengan

memanfaatkan sistem metabolisme dari tumbuhan. Proses *running* dilakukan selama 20 hari dengan pengujian konsentrasi parameter Cr (VI), DHL, TDS dan COD per empat (4) hari pada reaktor dengan isian 3L air limbah dengan pengenceran sebesar 75% yang didapatkan dari proses uji RFT. Adapun beberapa hal yang perlu disiapkan untuk menjalankan sebuah reaktor, yaitu:

- Pengisian reaktor dengan air sesuai konsentrasi yang dibutuhkan, yaitu pada setiap tahap penelitian membutuhkan besaran konsentrasi yang berbeda, sehingga pengisian reaktor dengan air dilakukan dengan teliti sesuai dengan arahan agar tidak banyak mengalami error pada tahap penelitian.
- Pembubuhan tumbuhan *S.molesta*, bertujuan untuk memulai proses pengamatan terkait efek dari keberadaan tumbuhan terhadap kontaminan yang terkandung pada sampel air tersebut.
- Pemantauan proses, pemantaun tumbuhan secara fisik hingga pH pada air sampel dilakukan untuk mendapatkan data valid.
- Pembacaan kondisi akhir reaktor, yaitu tahap akhir dari proses *running* reaktor dengan melihat keadaan fisik maupun pengecekan lebih lanjut terhadap parameter tertentu.

3.5 Pengukuran Parameter Uji

Sampel yang diambil dari reaktor fitotreatment pada hari ke-0, hari ke-4, hari ke-8, hari ke-12, hari ke-16, dan hari ke-20 akan dilakukan pengujian laboratorium terkait parameter Krom (VI), DHL, TDS, dan COD. Adapun acuan uji yang digunakan untuk masing-masing parameter tertera pada **Tabel 3.3**.

Tabel 3.3 Acuan uji parameter Cr⁶⁺, DHL, TDS dan COD

No.	Parameter	Satuan	Metode	Acuan uji
1.	Kromium Heksavalen (Cr ⁶⁺)	mg/L	Spektrofotometri dengan penambahan Difenilkarbazida	SNI 6989.71:2009
2.	Daya Hantar Listrik (DHL)	μS/cm	Conductivity meter	Instruksi kerja alat <i>Conductivity Meter</i>

3.	<i>Total Dissolved Solid (TDS)</i>	mg/L	Conductivity meter	Instruksi kerja alat <i>Conductivity Meter</i>
4.	<i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	mg/L	Spektrofotometri dengan Refluks Tertutup	SNI 6989.2:2019

3.6 Analisis Data

Persentase efisiensi penurunan kadar logam berat Cr (VI) dapat diperoleh dengan membandingkan nilai konsentrasi Cr (VI) sampel awal sebelum dilakukan tahap fitotreatment dengan nilai konsentrasi Cr (VI) pada hasil saat fitotreatment berlangsung dan pasca fitotreatment berlangsung.

$$EF = \frac{(Co - Ct)}{Co} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

EF = Efisiensi variasi tumbuhan *S.molesta*

Co = konsentrasi awal sampel (mg/L)

Ct = konsentrasi pada tahap atau pasca fitotreatment (mg/L)

3.7 Analisis Statistik Deskriptif

Pasca didapatkan data dari proses analisis data, dilanjutkan dengan langkah-langkah pemahaman data, penggambaran dan perangkuman data.

- Visualisasi data, membuat grafik yang sesuai dengan jenis data , untuk menemukan pola data yang dimiliki.
- Interpretasi hasil, menganalisis data deskriptif untuk memahami data yang dimiliki.
- Menyusun ringkasan, menyajikan hasil analisis dalam bentuk narasi yang mudah dipahami.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Konsentrasi Air Limbah

Pasca dilakukan pengambilan sampel limbah yang akan digunakan pada proses penelitian, dilakukan pembacaan konsentrasi terhadap parameter yang akan diuji selama proses penelitian, yaitu Cr (VI), DHL, TDS, dan COD. Dari pembacaan yang dilakukan, didapatkan konsentrasi awal dari air limbah seperti yang tertera pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Hasil pembacaan konsentrasi awal limbah cair

Parameter	Satuan	Konsentrasi
Krom (VI)	mg/L	0,062
DHL	$\mu\text{S/cm}$	97
TDS	mg/L	463
COD	mg/L	83,3

Setelah didapatkan besaran konsentrasi dari air limbah, selanjutnya dilakukan penambahan Cr (VI) sebanyak 150 mL larutan Krom (VI) dengan konsentrasi 500 mg/L pada total air limbah sebanyak 7,5 L dengan tujuan untuk mendapatkan konsentrasi yang mirip dengan keadaan di lapangan pada saat produksi puncak. Kembali dilakukan pembacaan sampel uji dengan parameter yang sama dengan pembacaan sebelumnya, dan didapatkan hasil pembacaan seperti yang tertera pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4.2 Hasil pembacaan konsentrasi pasca penambahan larutan Cr (VI)

Parameter	Satuan	Konsentrasi
Krom (VI)	mg/L	9,76
DHL	$\mu\text{S/cm}$	3821

TDS	mg/L	513
COD	mg/L	181,7

4.2 Hasil

4.2.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dibagi menjadi 3 tahap, yaitu tahap propagasi, tahap aklimatisasi dan tahap *Range Finding Test* (RFT). Adapun dilakukannya proses penelitian pendahuluan dilakukan untuk mempersiapkan berbagai komponen yang akan digunakan selama proses penelitian. Pada penelitian ini, proses penelitian pendahuluan lebih berfokus kepada proses penyiapan tumbuhan *Salvinia molesta* sebelum memasuki proses fitotreatment.

4.2.1.1 Tahap Propagasi

Tahap ini dilakukan selama 30 hari dengan bantuan pompa aquarium sebagai penyuplai oksigen dan pemberian air beras sebagai nutrisi bagi tumbuhan. Adapun jumlah awal dari tumbuhan *Salvinia molesta* yaitu 24 kelompok dengan berat total 96 gram masing-masing kelompok memiliki ukuran dan jumlah daun yang berbeda. Namun di hari ke 30, dilakukan perhitungan kembali dan didapatkan jumlah dari *Salvinia molesta* hasil dari proses propagasi sebanyak 64 kelompok dengan berat total sebanyak 230 gram.



Gambar 4.1 Proses propagasi hari ke-1 dan hari ke-30 (kiri ke kanan)

Hasil yang didapati dari pengamatan selama proses propagasi yaitu tumbuhan *S. molesta* tumbuh secara berkelompok dengan batang menyerupai stolon yang saling

terhubung. Memiliki daun berwarna hijau muda dengan lebar daun berkisar di antara 0,7 - 1,1 cm, serta memiliki akar berbulu berwarna cokelat tua dengan kisaran panjang 3 – 5,7 cm.

4.2.1.2 Tahap Aklimatisasi

Tahap aklimatisasi adalah tahap penyesuaian tumbuhan pada terhadap air limbah yang akan digunakan pada penelitian utama. Aklimatisasi dilakukan selama 2 hari untuk mempersiapkan kondisi tumbuhan sebelum dimasukkan ke dalam reaktor uji (Linuwih, 2022).



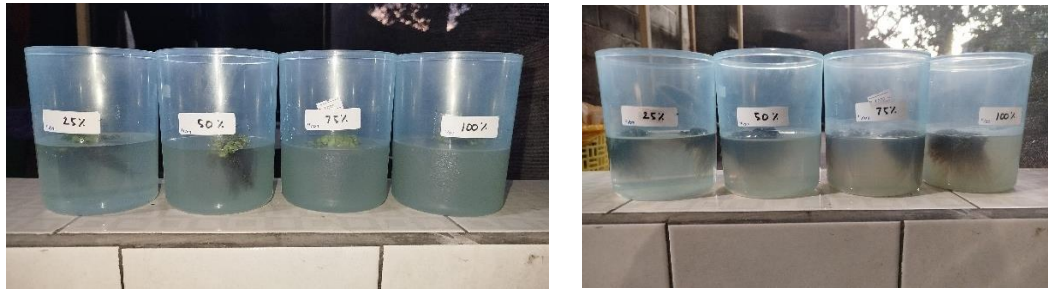
Gambar 4.2 Proses Aklimatisasi

Pada tahap ini, tumbuhan yang akan digunakan pada tahap *range finding test* dan tahap fitotreatment dimasukkan ke satu reaktor dan diberikan 10 mL limbah cair dengan konsentrasi 9,76 mg/L sehingga kondisi reaktor aklimatisasi mengandung Cr (VI) dengan konsentrasi 0,013 mg/L, dengan tujuan agar tumbuhan dapat beradaptasi dengan kandungan limbah cair yang akan digunakan pada tahap selanjutnya.

4.2.1.3 Tahap Range Finding Test (RFT)

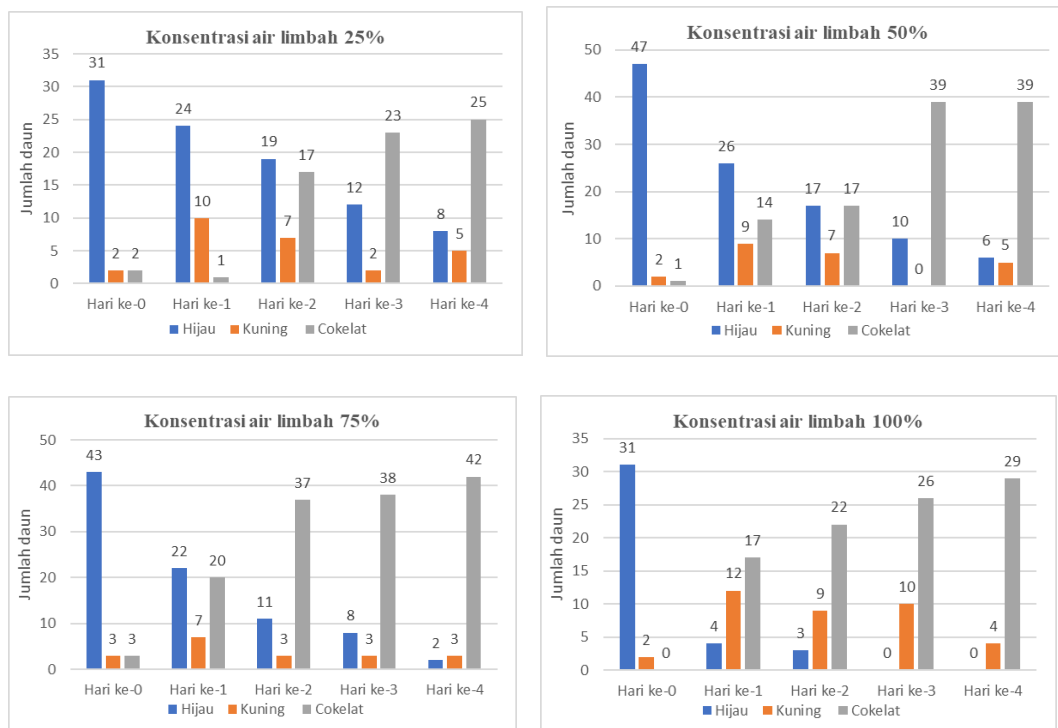
Tumbuhan yang telah melalui masa aklimatisasi kemudian dikelompokkan berdasarkan ukuran daun, warna daun dan panjang akar, yang kemudian akan dilakukan tahap RFT. Tahap tersebut dilakukan dengan melakukan empat (4) variasi pengenceran limbah cair dengan kandungan 9,76 mg/L Cr (VI) dengan persentase air limbah 25%, 50%, 75% dan 100% yang selanjutnya akan dimasukkan

tumbuhan *S. molesta* sebanyak 10 gram. Tahap RFT dilakukan selama 4 hari dengan melakukan pengamatan terkait pertumbuhan tumbuhan meliputi perubahan warna.



Gambar 4.3 Reaktor RFT hari ke-0 dan hari ke-4 (kiri ke kanan)

Dari uji *range finding test* yang dilakukan, didapatkan data pertumbuhan daun pada tumbuhan *S.molesta* pada masing masing reaktor seperti yang dijabarkan pada **Gambar 4.4**.



Gambar 4.4 Grafik Pertumbuhan Daun pada Tahap RFT

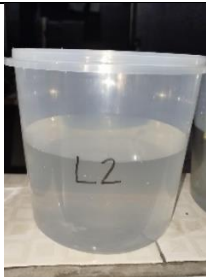
Dari grafik diatas, didapatkan penurunan pertumbuhan daun yang cukup signifikan pada masing-masing reaktor, hal tersebut berkaitan dengan besar konsentrasi

limbah cair yang digunakan pada reaktor tersebut. Maka, pasca dilakukan tahap RFT, dapat ditarik kesimpulan bahwa pertumbuhan *S.molesta* tidak banyak mengalami perubahan pada reaktor dengan konsentrasi limbah cair sebesar 25%, sehingga pada uji fitotreatment digunakan limbah cair dengan pengenceran sebesar 75%.

4.2.2 Uji Fitotreatment

Tumbuhan yang digunakan pada tahap fitotreatment merupakan tumbuhan yang telah melalui tahap aklimatisasi sebanyak 50 gram per reaktor., serta penambahan aerasi selama 1 jam per 12 jam. Pengujian akan dilakukan selama 20 hari, sedangkan pengujian dilakukan per 4 hari, yaitu di hari ke-0, hari ke-4, hari ke-8, hari ke-12, hari ke-16, dan hari ke-20.

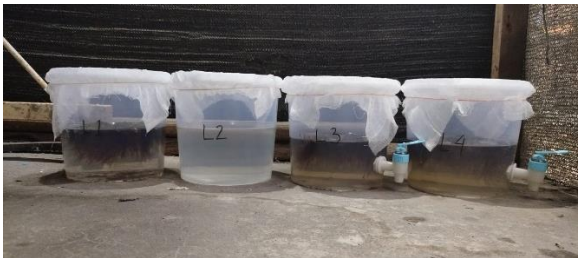
Tabel 4.3 Reaktor uji fitotreatment

Jenis reaktor	Keterangan	Gambar
Reaktor kontrol tumbuhan (L1)	Untuk memantau pertumbuhan tumbuhan <i>S.molesta</i>	
Reaktor kontrol air limbah (L2)	Untuk mengetahui konsentrasi air limbah selama proses penelitian	
Reaktor fitotreatment (L3)	Wadah pengaplikasian metode fitotreatment dengan cara kontak tumbuhan <i>S.molesta</i> dengan air limbah	

Reaktor fitotreatment (L4)	Wadah pengaplikasian metode fitotreatment dengan cara kontak tumbuhan <i>S.molesta</i> dengan air limbah	
----------------------------	--	---

Adapun data pengamatan terhadap progress yang terjadi pada proses fitotreatment selama 20 hari dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4.4 Dokumentasi reaktor fitotreatment

Proses Fitotreatment	Gambar
Hari ke-0	
Hari ke-4	
Hari ke-8	

Hari ke-12	
Hari ke-16	
Hari ke-20	

Pada masa uji fitotreatment dilakukan improvisasi dari peneliti berupa beberapa pengendalian terhadap reaktor yang digunakan, yaitu sebagai berikut :

- Meletakkan reaktor di tempat teduh agar tidak langsung terpapar matahari, karena dapat mengakibatkan tumbuhan lebih cepat kering;
- Pemberian lampu eglare bohlam led filament 3W berwarna warm white pada bagian atas reaktor di malam hari untuk membantu proses fotosintesis pada tumbuhan;
- Pemberian aerator akuarium watt pada reaktor selama 1 jam yang dilakukan per 12 jam untuk membantu suplai oksigen pada reaktor; dan
- Pemberian kain kassa pada bagian atas reaktor untuk meminimalisir kemungkinan serangga berkembang biak pada reaktor

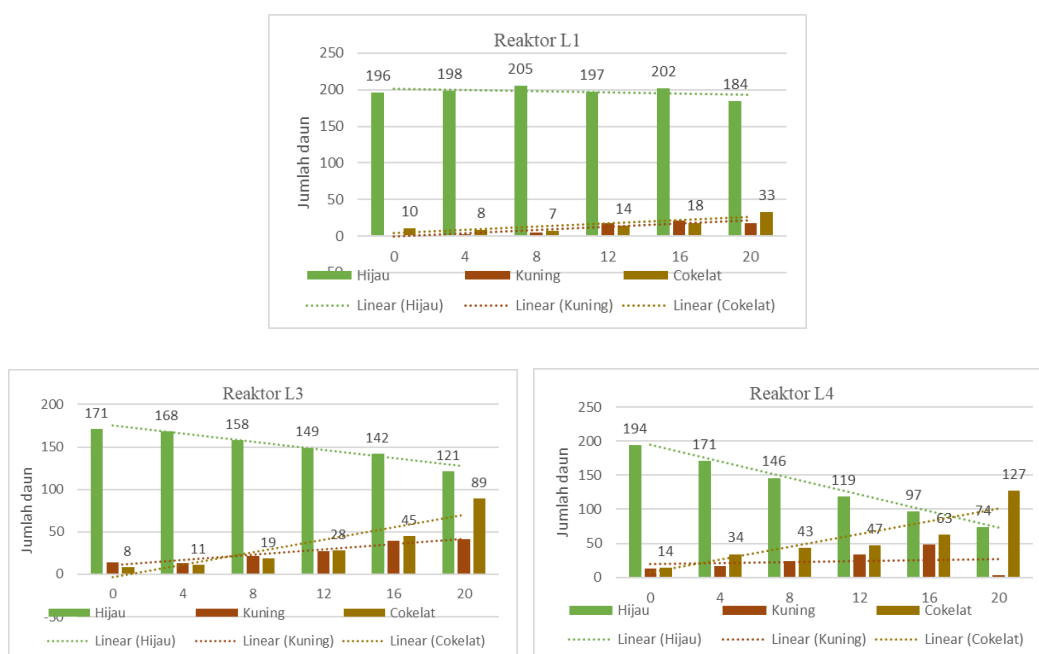
Tindakan-tindakan diatas dilakukan sebagai bentuk pengendalian peneliti terhadap keadaan tidak terduga yang terjadi pada masa uji fitotreatment. Tujuan utama dari

Tindakan pengendalian tersebut adalah agar mengoptimalkan kinerja reaktor dan tidak menyebabkan masalah baru di kemudian hari seperti *water borne diseases*.

4.3 Pembahasan

4.3.1 Pertumbuhan *Salvinia molesta* terhadap proses Fitotreatment

Selama tahap uji fitotreatment, dilakukan observasi terhadap pertumbuhan *S.molesta* untuk selanjutnya dianalisis untuk mengetahui berapa lama tumbuhan *S.molesta* bertahan pada air yang telah terkontaminasi limbah serta dapat mengidentifikasi ciri fisik tumbuhan tersebut apabila suatu perairan terindikasi tercemar logam berat.



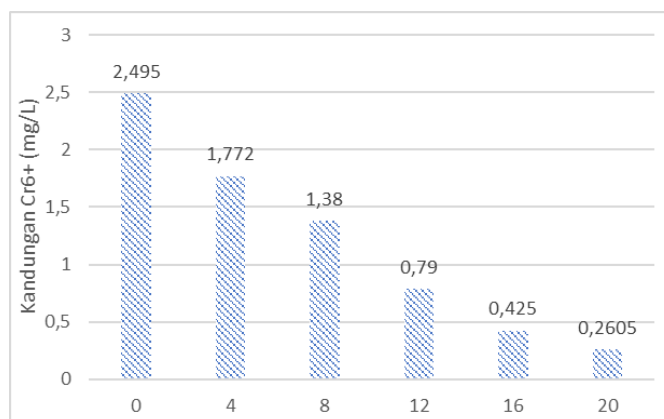
Gambar 4.5 Grafik pertumbuhan daun selama proses fitotreatment

Dari pengamatan yang dilakukan, didapatkan bahwa pada reaktor kontrol tumbuhan (L1) pertumbuhan *S.molesta* masih dapat dikategorikan stabil dengan jumlah pembusukan daun masih dalam jumlah wajar. Sedangkan pada reaktor fitotreatment (L3 dan L4) didapatkan data bahwa daun dari tumbuhan *S.molesta* banyak mengalami pembusukan. Kedua data tersebut dikaitkan dengan keberadaan kontaminan pada masing-masing media tinggal tumbuhan.

Dari hasil observasi yang dilakukan, ditemukan pula fenomena bahwa daun muda yang tumbuh selama proses fitotreatment berwarna kuning (klorosis), hal tersebut terjadi karena keberadaan kontaminan yang mencemari kawasan pertumbuhan dari *S.molesta* terakumulasi di dalam jaringan tumbuhan yang menyebabkan tumbuhan keracunan dan menguning (Anonim, 2005). Adapun dampak dari tumbuhan yang terserang klorosis ialah penurunan terhadap kemampuan tumbuhan tersebut untuk melakukan fotosintesis, penurunan kemampuan metabolisme, serta berdampak pada usia tumbuhan (Monita, dkk, 2013)

4.3.2 Efektivitas Fitotreatment dalam Menurunkan Cr (VI)

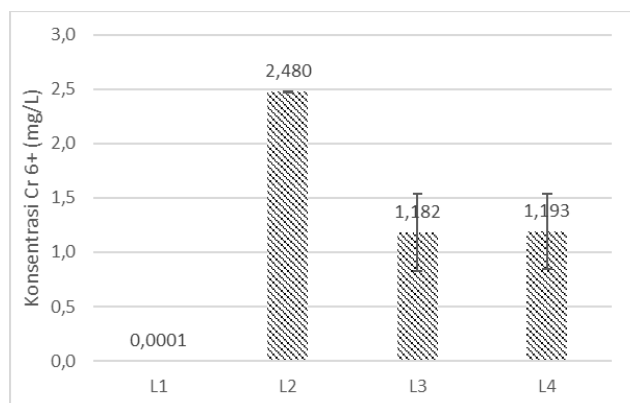
Setelah dilakukan pembacaan konsentrasi pada parameter Cr (VI) per 4 (empat) hari selama total proses fitotreatment selama 20 hari, didapatkan data seperti yang tertera pada **gambar 4.6**.



Gambar 4.6 Konsentrasi parameter Cr (VI)

Berdasarkan hasil pembacaan pada parameter Cr(VI) terhadap limbah penyamakan kulit, didapatkan hasil penurunan parameter kromium heksavalen (Cr (VI)) yang cukup signifikan yaitu 92,36% dari konsentrasi awal 2,49 mg/L. Serta dari hasil yang telah dipaparkan, didapatkan bahwa dari hari ke-12 ke hari ke-16 ditemukan bahwa penurunan konsentrasi Cr (VI) tidak seperti sebelumnya. Didapatkan persentase penurunan di hari ke-12 hingga hari ke-16 sebesar 14,86%, serta pada hari ke-16 hingga hari ke-20 penurunan hanya sebesar 6,43%. Hal tersebut sejalan dengan penelitian (Sumardi, dkk, 2019) menyebutkan waktu kontak yang lebih lama mempengaruhi tingginya kadar Cr yang berhasil diserap oleh tumbuhan

akumulator. Semakin tinggi konsentrasi yang terakumulasi pada tumbuhan dan masuk ke jaringan tumbuhan, maka semakin mengganggu kinerja tumbuhan dan menghambat proses metabolisme tumbuhan yang menyebabkan kematian pada tumbuhan (Oktavia, dkk., 2016)



Gambar 4.7 Konsentrasi Cr (VI) tiap reaktor

Dari data yang disajikan pada **Gambar 4.7**, diketahui bahwa perubahan besaran konsentrasi Cr (VI) terjadi pada reaktor L3 dan L4. Sementara pada reaktor L1 tidak terbaca perubahan konsentrasi, dan pada reaktor L2 konsentrasi Cr (VI) mengalami sedikit perubahan besaran namun hanya dalam jumlah kecil. Hal tersebut mengartikan bahwa meski setiap reaktor mendapatkan perlakuan yang sama, tanpa adanya kontak dari tumbuhan akumulator, tidak terjadi perubahan konsentrasi Cr (VI) dalam jumlah besar.

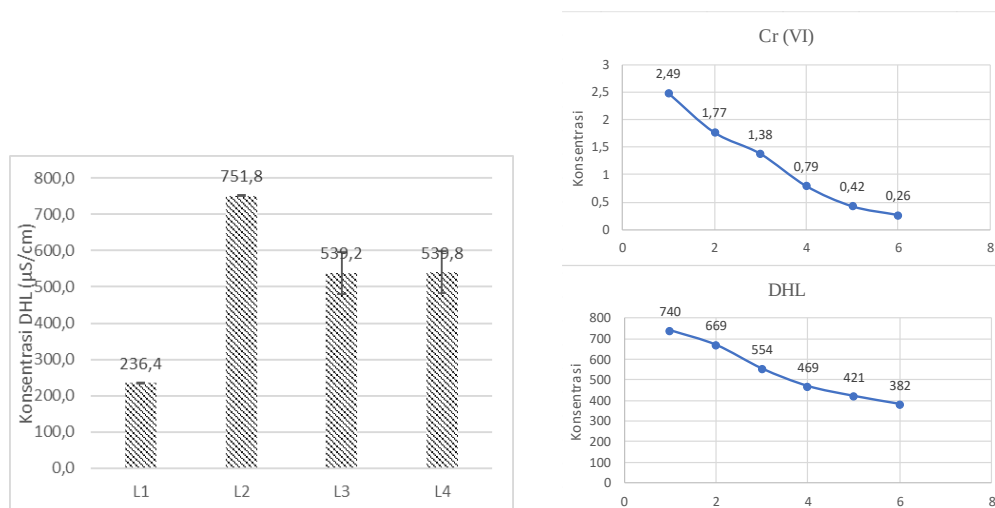
4.3.3 Korelasi Penurunan Parameter Lain terhadap Proses Fitotreatment

Sebagai lanjutan dari proses olah data yang telah dilakukan, dilakukan pencarian informasi mengenai korelasi penurunan parameter lain terhadap proses fitotreatment, pada penelitian ini parameter lain yang dimaksud yaitu parameter Daya Hantar Listrik (DHL), parameter *Total Dissolved Solid* (TDS), dan parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD).

4.3.3.1 Korelasi terhadap Parameter Daya Hantar Listrik (DHL)

Berdasarkan kemampuan untuk menghantarkan panas dan arus listrik, unsur-unsur digolongkan menjadi dua, yaitu golongan logam dan non logam. Pada golongan logam pun masih terdapat pengkategorian lainnya, yaitu logam ringan (*light metal*)

dan logam berat (*heavy metal*) dengan ketentuan densitas <5 untuk logam ringan dan >5 untuk logam berat (Hutagalung, 1984). Di beberapa kasus, logam berat dengan jumlah yang melebihi ambang batas akan bersifat toksik (Phillips, 1980).



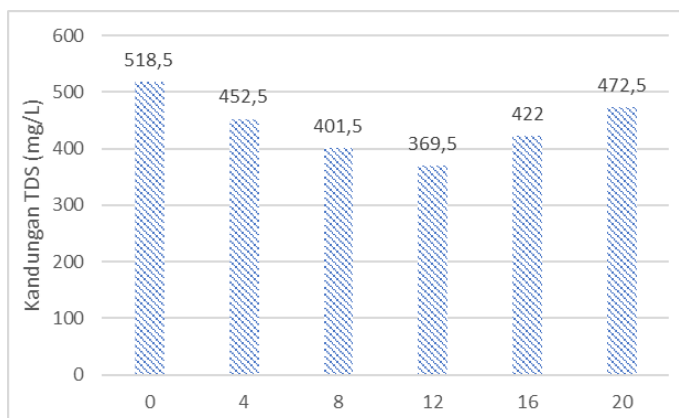
Gambar 4.8 (A) Konsentrasi DHL pada tiap reaktor
(B) Perbandingan Cr (VI) dan DHL

Dari grafik yang dijabarkan pada **Gambar 4.8**, didapatkan hasil bahwa tidak terjadi penurunan kadar DHL pada reaktor lain meski telah diberi perlakuan yang sama. Sementara pada reaktor fitotreatment, penurunan kadar DHL cukup cocok dengan grafik penurunan kadar logam berat berupa Cr (VI), hal tersebut dikarenakan Cr (VI) yang merupakan bagian dari logam berat yang tentu memiliki besaran daya hantar listrik (Juwitasari, 2023). Selama 20 hari masa eksperimen, *S.molesta* mampu mereduksi konsentrasi DHL sebesar 48,37% dari konsentrasi awal sebesar 740 µS/cm. Berdasarkan besaran konsentrasi DHL terhadap klasifikasi air, pasca pengolahan air telah memasuki golongan air kelas III yang mana berarti kualitas air cukup baik (Fitriyah, 2012).

4.3.3.2 Korelasi terhadap Parameter *Total Dissolved Solid* (TDS)

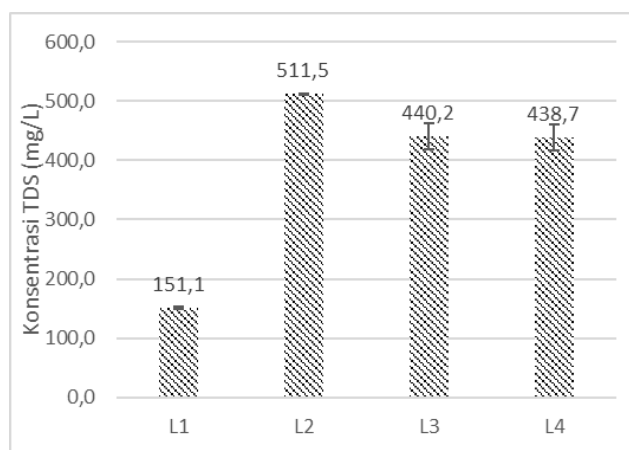
Pada eksperimen kali ini, air limbah yang digunakan merupakan air limbah yang telah melalui proses, hal tersebut tentu berpengaruh pada konsentrasi TDS yang telah tereduksi terlebih dahulu. Namun disamping itu, peneliti tetap melakukan pemantauan terhadap kadar TDS sebelum proses fitotreatment, saat proses

fitotreatment, dan pasca proses fitotreatment. Sehingga didapatkan hasil seperti yang tertera pada **Gambar 4.7**.



Gambar 4.9 Konsentrasi parameter TDS

Dari hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan hasil konsentrasi TDS per empat hari dengan bentuk kurva U. Selama 20 hari masa percobaan *S.molesta* sebagai agen fitotreatment, hingga di hari ke 12, konsentrasi yang mampu didegradasi oleh *S.molesta* sebesar 28,76% dari konsentrasi awal 518 mg/L dan pada hari ke-16 hingga hari ke-20 mengalami kenaikan konsentrasi sebesar 19,88%. Sehingga penurunan konsentrasi yang terjadi pada parameter TDS dari hari ke-0 sampai hari ke-20 yaitu 8,88%.



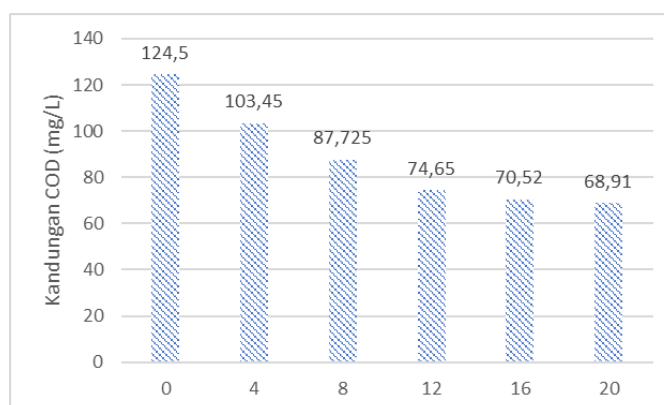
Gambar 4.10 Konsentrasi TDS tiap reaktor

Adapun alasan pendukung dari terjadinya fluktuasi konsentrasi TDS selama proses fitotreatment ialah terjadinya kejenuhan pada tumbuhan yang menyebabkan kematian pada tumbuhan. Hal tersebut terjadi karena pada parameter TDS

mengalami kenaikan konsentrasi di hari ke-16, yang mana bersamaan dengan penurunan kemampuan tumbuhan untuk mendegradasi kontaminan, hal tersebut disebabkan oleh tumbuhan yang telah mengalami pembusukan dan mati dapat kembali melepaskan senyawa kimia yang telah diikatnya (Silva, *et al*, 2021). Sehingga cukup menjadi alasan untuk terjadinya fluktuasi nilai TDS pada penelitian ini.

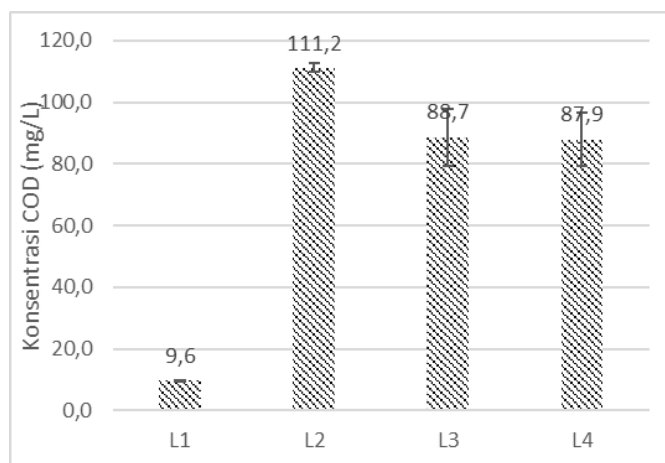
4.3.3.3 Korelasi terhadap Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Chemical Oxygen Demand atau yang sering dikenal dengan kebutuhan oksigen kimiawi merupakan nilai yang dinyatakan dari besarnya oksigen yang dibutuhkan oleh suatu reaksi penguraian senyawa organik pada suatu proses. Besarnya nilai COD pada suatu sampel air dipengaruhi oleh besarnya zat yang tidak dapat dioksidasi secara biologis, sehingga diperlukan pengoksidasian secara kimiawi.



Gambar 4.11 Konsentrasi parameter COD

Berdasarkan hasil pengamatan pada parameter COD, dengan penurunan COD sebesar 44,42%, hal tersebut dipengaruhi oleh proses oksidasi yang terjadi pada saat dilakukannya proses aerasi pada reaktor uji, dan juga dipengaruhi oleh mikroorganisme yang hidup di reaktor yang menyebabkan penguraian komponen organik. Pada awal proses fitotreatment, kebutuhan oksigen yang harus dipenuhi masih cukup tinggi dikarenakan kontaminan masih berjumlah besar dan kompleks. Namun seiring berjalannya proses fitotreatment tersebut, beban pencemar semakin sedikit, dan juga dibantu oleh pompa aerasi yang membuat kebutuhan oksigen semakin menurun.



Gambar 4.12 Konsentrasi COD tiap reaktor

Hal tersebut juga didukung oleh perubahan konsentrasi yang terjadi pada reaktor L2 yang mendapat perlakuan sama dengan reaktor lain yang diberikan aerator. Meskipun tidak seberpengaruh pada reaktor L3 dan L4, namun cukup membuktikan bahwa pemberian suplai tambahan terhadap treatment dapat mereduksi kadar kebutuhan oksigen kimiawi pada air limbah.

4.3.4 Kaitan Waktu Tinggal Tumbuhan terhadap Efektivitas Fitotreatment

Pada proses treatment yang menggunakan makhluk hidup sebagai agen, tentu membutuhkan waktu agar proses treatment berjalan secara optimal. Tidak seperti treatment dengan cara fisika maupun kimia, treatment biologis membutuhkan beberapa perlakuan mendukung untuk membuat makhluk hidup tersebut bekerja secara optimal dan menghasilkan hasil yang diinginkan.

Berdasarkan data yang didapatkan dari penelitian terdahulu oleh Safarrida (2015), didapatkan bahwa tumbuhan *Salvinia sp* memiliki ketahanan dan serapan terhadap senyawa kromium lebih tinggi dibandingkan dengan kemampuan yang dimiliki tumbuhan *Pistia stratiotes*. Didapatkan data bahwa di hari ke-15 tumbuhan *Salvinia sp* mampu menurunkan kadar kromium total hingga 80,4%. Maka dengan alasan pengembangan ilmu pengetahuan, fitotreatment pada penelitian ini dilakukan selama 20 hari.

Dari hasil uji yang telah diperoleh dari proses fitotreatment, dapat diasumsikan bahwa waktu tinggal yang optimal untuk tumbuhan *S.molesta* dalam

mengakumulasi polutan ialah di antara 8 - 12 hari. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil uji Cr (VI), DHL, dan COD yang mulai mengalami penurunan kemampuan untuk mendegradasi kadar polutan di hari ke-16. Pun pada parameter TDS telah mengalami peningkatan kadar kekeruhan yang diakibatkan dari tumbuhan yang telah jenuh dan berakhir menjadi polutan baru.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai Metode Fitotreatment pada Limbah Cair Penyamakan Kulit, dapat ditarik kesimpulan bahwa pasca dilakukan metode Fitotreatment selama 20 hari, tumbuhan *Salvinia molesta* berhasil mereduksi kadar Cr^{6+} sebesar 92,36% , kadar daya hantar listrik (DHL) sebesar 48,37% , kadar parameter *Total Dissolved Solid* (TDS) sebesar 8,88%, dan kadar parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 44,42%. Dengan waktu detensi paling optimal untuk *Salvinia molesta* dalam mereduksi kontaminan tersebut adalah 8 – 12 hari.

5.2 Saran

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan, Adapun saran yang dapat diberikan oleh peneliti pada penelitian selanjutnya, khususnya pada ruang lingkup penggunaan metode fitotreatment limbah cair penyamakan kulit, yaitu diharapkan dapat dilakukan penelitian dengan interval waktu pengecekan sampel uji yang lebih pendek untuk mengetahui efektivitas fitotreatment secara lebih akurat. Dan pada proses penelitian selanjutnya, pada upaya pemberian penerangan tambahan untuk memaksimalkan proses fotosintesis dapat digunakan lampu UV dengan spesifikasi yang disesuaikan dengan kebutuhan tumbuhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akram., Aysha. dkk (2020). *Enhanced remediation of Cr⁶⁺ in bacterial-assisted floating wetlands*. *Water and Environment Journal* Vol. 34, Issue S1.
- APA Pivetz, B. E. (2001). *Phytoremediation of contaminated soil and ground water at hazardous waste sites*. USEPA Washington, D. C.
- Arliyani, I., Tangahu, B. V., Mangkoedihardjo, S., Zualika, E. & Kurniawan, S. B. (2023). *Enhanced Leachate Phytodetoxification Test Combine with Plants and Rhizobacteria Bioaugmentation*. Hal 1 – 17.
- Aziz, Ugya (2016) *A Concise Review on the Effect of Tannery Waste Water on Aquatic Fauna*. *Merit Research Journal of Medicine and Medical Sciences*.
- Bhaita, SC (2011). **Pencemaran dan Pengendalian Lingkungan dalam Industri Proses Kimia**. Edisi ke-2. hal 1273.
- Budhi P., & Joko P. (2018). **Fitoremediasi sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat**.
- Damanik, M. O., & Purwanti, I. F. (2018). *Range Finding Test (RFT) Cyperus rotundus L dan Scirpus grossus sebagai Penelitian Pendahuluan dalam Pengolahan Limbah Cair Tempe*. *Jurnal Teknik ITS*.
- Dilapanga, Hamka (2007). **Penurunan Logam Berat Cr pada Limbah Penyamakan Kulit dengan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) Menggunakan Metode Wetland**. Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia.
- Ernawan W. & Mahmud S. (2018). **Pengaruh Pencemaran Merkuri Terhadap Biota Air**. Bogor.
- Giacinta M., Salimih Z., & Juniadi J. (2013). **Pengolahan Logam Berat Krom (Cr) pada Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit dengan Proses Koagulasi dan Presipitasi**. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Hal 1 – 8.

- Hidayati, Nuril, F. Syarif & T. Juhaeti (2009). **Pemanfaatan *Salvinia molesta* D.S. Mitchell, Akumulator Merkuri di Sawah Tercemar Limbah Penambangan Emas.** Jurnal Teknik Lingkungan.
- Hutagalung, H.P. (1984). **Logam Berat dalam Lingkungan Laut.** Oseana, Vol. IX, Nomor 1 : 11-20.
- Imron, M.F., 2023. **Mekanisme Fitoremediasi dalam Pengolahan Air Limbah dan Tantangan dalam Penerapannya.** Artikel Ilmiah. UNIAR.
- Juwitasari., D. (2023). **Elusi Logam Tembaga dan Krom Abu Layang Pembangkit Listrik Tenaga Uap.** Jurnal Teknologi Kimia Mineral. Politeknik Industri Furnitur dan Pengolahan Kayu.
- Khairunnisa, Rizka (2016). **Potensi Tanaman *Alocasia macrorrhiza* Sebagai Fitoremediator Logam Kromium pada Limbah Sedimen Penyamakan Kulit.** Thesis, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Khan M. A (2014). ***Pistia stratiotes* L. (araceae) Phytochemistry, Use in Medicines, Phytoremediation, Biogas and Management Option.** Journal. The University of Agriculture, Peshawar : Pakistan.
- Kumar P., Kaur R., Celestin D. & Kumar P. (2019). ***Chromium removal efficiency of plant, microbe & media in experimental VSSF constructed wetlands under monocopper and co-cropped conditions.*** Environ Sci Pollut Res. Germany.
- Linuwih, B. C. (2022). **Kombinasi Metode *Constructed Wetland* dan Desinfeksi Sinar UV dalam Penurunan Kadar Total Coliform pada Limbah Domestik Industri Galangan Kapal.** Tugas Akhir. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Maryudi A., Rahayu R., Syauqi, & Islami M. K. (2021). **Teknologi Pengolahan Kandungan Kromium dalam Limbah Penyamakan Kulit Menggunakan Proses Adsorpsi : review.** Jurusan Teknik Kimia dan Lingkungan. Vol. 5. No.1. hal 90 – 99.

- Merdekaningsih, M. D. (2013). **Gulma mata ikan (*Lemna perpusilla* L.) sebagai Agen penyerap Logam Berat (Cu, Cd, Mn dan Fe) dari Limbah Cair Laboratorium Kimia**. Skripsi. Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.
- Moa G.A. & Caroline, J.(2015). **Pemanfaatan Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) untuk Menurunkan Konsentrasi Logam Timbal (Pb) dalam Air Limbah Industri Peleburan Tembaga dan Kuningan**. Seminar Nasional Sains dan Teknologi. Vol. 10, no 3, hal 733 – 744
- Monita, R., Purnomo, T., & Budiono, D. (2013). **Kandungan Klorofil Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) Akibat Pemberian Logam Kadmium (Cd) pada Berbagai Konsentrasi**. Ejournal unesa. Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Surabaya, Surabaya.
- Nafiat, N., & Titah , H. S. (2021). **Pengolahan Air Limbah dari Kegiatan Pemeliharaan dan Pencucian Lokomotif dengan Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)**. Jurnal Teknik ITS, hal 82-87.
- Oktavia., Z. dkk (2016). **Pengaruh Variasi Lama Kontak Fitoremediasi Tanaman Kiambang (*Pistia stratiotes*) terhadap Kadar Kadmium (Cd) pada Limbah Cair Home Industry Batik “X” Magelang**. Jurnal Kesehatan Masyarakat. UNDIP, Semarang.
- Paul H. L., Phillips P. S., Covington A. D., Evans P., & Antunes A. P. M. (2013). ***Dechroming optimization of chrome tanned leather waste as potential poultry feed additive: A waste to resources***.
- Pawlisz A. V., R. A. Kent., U. A. Schneider., C. Jefferson (1993). ***Canadian Water Quality Guidelines for Chromium. Environmental Toxicology Water Quality : Canada***.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014.
- Peraturan Daerah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta No.7 Tahun 2016.

- Phillips, D.J.H. (1980). ***“Proposal for monitoring studies on the concentration of The East Asian Seas by trace metals and organochlorines”*** dalam ***South Chine fisheries development and coordinating programme***. Manila.
- Prayitno. (2017). **Teknologi Bersih Proses Penyamakan Kulit**. CV. Grafika Indah.
- Putranto R., Kasim A., Marsum Z. (2017). **Fitoremediasi Logam Cu dan Zn dengan Tanaman Eceng gondok**. Jurnal LOGIKA Vol. 2 No.22, Juli 2005. Hal 57 – 67. Fakultas MIPA Jurusan Kimia. Universitas Islam Indonesia.
- Sasikala, T., & Papinazath, T. (2006). ***Biodegradation of Tannery Effluent and Recovery of Byproducts using aquatic plants***. Botanical Bulletin of Academia Sinica, Vol.47. Hal 197-205.
- Setiyono, Yudo S., (2014). **Daur Ulang Air Limbah Industri Penyamakan Kulit (Studi Kasus di Lingkungan Industri Kulit, Magetan, Jawa Timur)**. BPPT Press.
- Setyawan D.Y, (2012). **Pengaruh Nisbah Tutupan Area Gulma Mata Ikan (*Lemna minor L.*) terhadap Penyerapan Logam Timbal [Pb] dan Seng [Zn] dari Air Limbah tekstil**. Skripsi. Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.
- Shabani, N, Sayadi, M. (2012). **Evaluasi akumulasi logam berat oleh dua makrofita yang muncul dari tanah yang tercemar : sebuah studi eksperimental**. Jurnal Lingkungan Hidup
- Silva Jonatas Pedro, Teixeira Rafael, Silva Ivo R., SoaresEmmanuele M.B., Lima Augusto (2021). ***Decomposition and nutrient release from legume and non-legume residues in a tropical soil. European Journal of Soil Science***. Vol 73, Issue 1.
- SNI 6989.71: 2009. **Cara Uji Krom Heksavalen (Cr-VI) dalam Contoh Uji secara Spektrofotometri**.

SNI 6989.2:2019. **Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi dengan Refluks Tertutup secara Spektrofotometri.**

Subroto M. A. (1996). **Fitoremediasi. Prosiding Pelatihan dan Lokakarya Peranan Bioremediasi dalam Pengelolaan Lingkungan.** Cibinong: LIPI/BPPT?HSF, Hal 52-69.

Taufikurrahman T., Melani L., Sianturi N. H. L., Wirawan & Saifullah A.F. (2023). ***Effective removal of chromium from contaminated water using horizontal subsurface flow constructed wetland with Napier grass (*Pennisetum purpureum*).*** Vol. 4, Issue 2. Institut Teknologi Bandung.

Viobeth, B. R., Sri S., dan Endro Sutrisno (2012). **Fitoremediasi Limbah Mengandung Timbal (Pb) dan Nikel (Ni) menggunakan Tumbuhan Kiambang (*Pistia stratiotes*).** Jurnal Sains. UNDIP, Semarang.

Wikipedia (2024). *Salvinia molesta*

Wu C., Zhang W., Liao X., Zeng Y., & Shi B. (2014). ***Transpositions od chrome tanning in leather making.*** *Journal of the American Leather Chemist Association.* Hal 176-183.

LAMPIRAN

Lampiran 1 : Pengukuran Parameter Krom (VI)

Mengacu pada Standar Nasional Indonesia 6989.71:2009 cara uji krom heksavalen (Cr-VI) dalam contoh uji secara spektrofotometri adalah sebagai berikut:

A. Persiapan contoh uji krom heksavalen

1. Menyiapkan contoh uji yang telah disaring dengan kertas saringan membran berpori 0,45 μm dan diawetkan.
2. Pembuatan larutan induk logam Cr^{6+} 500 mg(Cr-VI)/L, melarutkan $\pm$ 141,4 mg $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ kering dengan aquades pada labu ukur.
3. Pembuatan larutan baku logam krom 50 mg (Cr-VI)/L, memasukkan 10 mL larutan induk dan pengenceran dengan aquades.
4. Pembuatan larutan baku logam krom 5 mg (Cr-VI)/L, memasukkan 10 mL larutan baku logam krom 50mg/L dan dilakukan pengenceran dengan aquades.
5. Pembuatan larutan kerja logam Cr (VI)
 - Membuat deret larutan kerja dengan 1 blanko dan 3 kadar yang berbeda.
 - Memasukkan kedalam gelas piala 100 mL, ditambahkan 0,25 mL (5 tetes) H_3PO_4 .
 - Mengatur pH larutan hingga 2,0 – 0,5 dengan penambahan asam sulfat 0,2 N.
 - Memindahkan larutan kerja ke dalam labu ukur 100 mL
 - Menambahkan 2 mL larutan definilkarbazida, kocok dan diamkan 5 hingga 10 menit, larutan kerja siap diukur serapannya.
6. Pembuatan kurva kalibrasi
 - Mengatur spektrofotometer dengan Panjang gelombang 530 nm atau 540 nm;
 - Mengukur serapan masing-masing larutan kerja, pencatatan hasil uji.

7. Pengukuran contoh uji, dilakukan dengan larutan kerja dimasukkan ke alat spektrofotometer dan dilakukan pengujian dengan Panjang gelombang 530 nm.

B. Pembuatan kurva kalibrasi

- Mengatur spektrofotometer dengan Panjang gelombang 530 nm atau 540 nm;
- Mengukur serapan masing-masing larutan kerja, pencatatan hasil uji.

- C. Pengukuran contoh uji, dilakukan dengan larutan kerja dimasukkan ke alat spektrofotometer dan dilakukan pengujian dengan Panjang gelombang 530 nm.

Lampiran 2 : Pengukuran Parameter Daya Hantar Listrik (DHL)

Pengecekan Daya Hantar Listrik pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *conductivity meter* dengan acuan instruksi kerja alat conductivity meter oleh Universitas Brawijaya tahun 2015.

1. Persiapan Alat dan Bahan

- Conductivity Meter: Pastikan alat dalam kondisi baik dan bersih.
- Standar Larutan: Siapkan larutan standar untuk kalibrasi (misalnya, larutan NaCl dengan konsentrasi tertentu).
- Air Bersih: Gunakan air bersih atau destilasi untuk membersihkan alat.

2. Kalibrasi Conductivity Meter

- Hidupkan Alat: Nyalakan conductivity meter sesuai dengan petunjuk produsen.
- Pilih Mode Kalibrasi: Pilih mode kalibrasi pada meter jika ada (biasanya terdapat pada menu pengaturan).
- Rendam Sensor: Celupkan sensor meter ke dalam larutan standar yang sesuai dengan rentang pengukuran alat.
- Ikuti Petunjuk Kalibrasi: Ikuti petunjuk pada layar untuk melakukan kalibrasi. Alat biasanya akan menunjukkan hasil yang diharapkan dan mengharuskan Anda untuk menyesuaikan pengaturan.
- Bilas Sensor: Setelah kalibrasi, bilas sensor dengan air bersih untuk menghindari kontaminasi.

3. Pengukuran Konduktivitas

- Siapkan Sampel: Ambil sampel larutan yang akan diukur.
- Rendam Sensor: Celupkan sensor conductivity meter ke dalam sampel larutan. Pastikan sensor sepenuhnya terendam dalam larutan.
- Tunggu Stabilitas: Tunggu beberapa detik hingga nilai konduktivitas pada layar stabil. Nilai ini akan menunjukkan konduktivitas larutan dalam satuan $\mu\text{S}/\text{cm}$ atau mS/cm , tergantung pada alat.
- Catat Hasil: Catat hasil pengukuran sesuai kebutuhan.

4. Pembersihan dan Penyimpanan

- Bersihkan Sensor: Setelah pengukuran, bersihkan sensor dengan air bersih untuk menghindari penumpukan kotoran atau kontaminasi.
- Matikan Alat: Matikan conductivity meter jika tidak digunakan.
- Simpan Alat: Simpan alat di tempat yang kering dan aman, jauh dari suhu ekstrem dan kelembapan tinggi.

Lampiran 3 : Pengukuran Parameter *Total Dissolved Solid* (TDS)

Pengecekan *Total Dissolved Solid* pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *conductivity meter* dengan acuan instruksi kerja alat conductivity meter oleh Universitas Brawijaya tahun 2015.

1. Persiapan Alat dan Bahan

- Conductivity Meter: Pastikan alat dalam kondisi baik dan bersih.
- Standar Larutan: Siapkan larutan standar untuk kalibrasi (misalnya, larutan NaCl dengan konsentrasi tertentu).
- Air Bersih: Gunakan air bersih atau destilasi untuk membersihkan alat.

2. Kalibrasi Conductivity Meter

- Hidupkan Alat: Nyalakan conductivity meter sesuai dengan petunjuk produsen.
- Pilih Mode Kalibrasi: Pilih mode kalibrasi pada meter jika ada (biasanya terdapat pada menu pengaturan).
- Rendam Sensor: Celupkan sensor meter ke dalam larutan standar yang sesuai dengan rentang pengukuran alat.
- Ikuti Petunjuk Kalibrasi: Ikuti petunjuk pada layar untuk melakukan kalibrasi. Alat biasanya akan menunjukkan hasil yang diharapkan dan mengharuskan Anda untuk menyesuaikan pengaturan.
- Bilas Sensor: Setelah kalibrasi, bilas sensor dengan air bersih untuk menghindari kontaminasi.

3. Pengukuran Konduktivitas

- Siapkan Sampel: Ambil sampel larutan yang akan diukur.
- Rendam Sensor: Celupkan sensor conductivity meter ke dalam sampel larutan. Pastikan sensor sepenuhnya terendam dalam larutan.
- Tunggu Stabilitas: Tunggu beberapa detik hingga nilai TDS pada layar stabil. Nilai ini akan menunjukkan kadar TDS pada larutan dalam satuan mg/L, tergantung pada alat.
- Catat Hasil: Catat hasil pengukuran sesuai kebutuhan.

4. Pembersihan dan Penyimpanan

- Bersihkan Sensor: Setelah pengukuran, bersihkan sensor dengan air bersih untuk menghindari penumpukan kotoran atau kontaminasi.
- Matikan Alat: Matikan conductivity meter jika tidak digunakan.
- Simpan Alat: Simpan alat di tempat yang kering dan aman, jauh dari suhu ekstrem dan kelembapan tinggi.

Lampiran 4 : Pengukuran Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Pengecekan Parameter COD mengacu pada SNI 6989.2:2019 tentang Cara Uji kebutuhan Oksigen Kimiawi dengan Refluks Tertutup secara Spektrofotometri.

A. Persiapan contoh uji

1. Penghomogenan contoh uji.
2. Pencucian tabung refluks dengan H_2SO_4 20% sebelum digunakan.
3. Pemberian 2,5 mL contoh uji, 1,5 mL digestion solution, dan 3,5 mL H_2SO_4 pada tabung ampul COD.
4. Penutupan tabung ampul dan dilakukan penghomogenan.
5. Tabung ampul diletakkan di thermos reaktor yang telah dipanaskan hingga suhu 150°C .

B. Pengawetan Contoh Uji

1. Contoh uji diawetkan dengan menambahkan H_2SO_4 hingga pH mencapai < 2 , dan disimpan dalam pendingin dengan suhu 4°C maksimal 7 hari penyimpanan.

C. Prosedur Pengujian

1. Suhu contoh uji yang telah diawetkan dinormalkan hingga suhu ruang.
2. Suspensi dibiarkan mengendap dan memastikan bagian yang akan diukur jernih.
3. Pembacaan contoh uji dilakukan dengan panjang gelombang 650 nm dengan menggunakan blanko yang tidak direfluks sebagai larutan referensi.

Lampiran 5 : Perhitungan

a. Persentase Penurunan Krom (VI)

$$\begin{aligned} \text{EF} &= \frac{(Co-Ct)}{Co} \times 100\% \\ &= \frac{(2,49-0,26)}{2,49} \times 100\% \\ &= 92,36 \% \end{aligned}$$

b. Persentase Penurunan Daya Hantar Listrik (DHL)

$$\begin{aligned} \text{EF} &= \frac{(Co-Ct)}{Co} \times 100\% \\ &= \frac{(740-382)}{740} \times 100\% \\ &= 48,37 \% \end{aligned}$$

c. Persentase Fluktuasi *Total Dissolved Solid* (TDS)

$$\begin{aligned} \text{EF 0 - 12} &= \frac{(Co-Ct)}{Co} \times 100\% & \text{EF16 - 20} &= \frac{(Co-Ct)}{Co} \times 100\% \\ &= \frac{(518-369)}{518} \times 100\% & &= \frac{(369-472)}{369} \times 100\% \\ &= 28,76\% & &= - 19,88 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EF} &= 28,76 \% - 19,88 \% \\ &= 8,88 \% \end{aligned}$$

d. Persentase Penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD)

$$\begin{aligned} \text{EF} &= \frac{(Co-Ct)}{Co} \times 100\% \\ &= \frac{(124-68,91)}{124} \times 100\% \\ &= 44,42 \% \end{aligned}$$