

II. TINJAUAN PUSTAKA DAN HIPOTESIS

A. Industri Penyamakan Kulit

Peningkatan kapasitas *skill* yang dimiliki oleh manusia dan diikuti perkembangan industri yang terus berkembang menyebabkan peningkatan aktivitas industri berupa hasil produksi. Industri penyamakan kulit merupakan salah satu industri yang tengah menjadi perhatian karena sebagian besar hasil produksinya digunakan dalam kehidupan sehari-hari seperti sepatu, dompet, tas, jaket, sarung tangan kulit dan sebagainya (Rahayu dkk., 2021). Berdasarkan data oleh Badan Pusat Statistik (BPS) yang ditulis oleh Ahdiat (2023) diperoleh hasil bahwa ekspor hasil industri kulit dan alas kaki Indonesia sepanjang tahun 2022 yaitu mencapai 438 ribu ton dengan total penghasilan USD 8,9 miliar, dimana hasil ekspor meliputi produksi sepatu olahraga, sepatu teknik lapangan, alas kaki, barang dari kulit dan kulit buatan serta kulit disamak. Grafik peningkatan volume ekspor dan nilai ekspor dari industri penyamakan kulit di Indonesia dari tahun 2015-2022 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Volume dan Nilai Ekspor Industri Kulit di Indonesia (Ahdiat, 2023).

Menurut Kuncoro dan Soedjono (2022), industri penyamakan kulit merupakan industri yang berfokus terhadap pengolahan kulit mentah menjadi kulit tersamak (*leather*). Proses penyamakan bertujuan untuk menjaga kondisi kulit tetap awet dengan cara memodifikasi sifat organik kulit mentah agar tidak rusak akibat aktivitas mikroorganisme atau pembusukan. Bahan yang digunakan yaitu kulit sapi, kerbau, kambing atau domba. Proses penyamakan kulit dibagi ke dalam tiga proses utama yaitu:

1. Pra-penyamakan (*beamhouse*) merupakan proses pengolahan dengan bahan penyamak untuk mengolah kulit segar atau mentah menjadi kulit piket siap pakai. Proses ini tersusun oleh beberapa tahapan yaitu :
 - a. Perendaman (*soaking*) bertujuan untuk menghilangkan partikel terlarut pada kulit seperti kotoran, darah, larutan garam dan protein. *Input* selama proses ini yaitu air, soda abu dan bakterisida. *Output* selama

proses ini yaitu garam, mineral, BOD, COD, TSS, nitrogen dan amonia.

- b. Pengapuran (*liming*) bertujuan untuk menghilangkan bagian yang tidak dibutuhkan selama proses penyamakan seperti bulu dan sebagian kulit. *Input* selama proses ini yaitu air, kapur, glukosa, dan natrium sulfida (Na_2S). *Output* selama proses ini yaitu kalsium, natrium sulfida (Na_2S), albumin, BOD, COD, TSS, nitrogen dan amonia.
- c. Penghilangan kapur (*deliming*) bertujuan untuk mengembalikan ukuran kulit yang membengkak dan membersihkan kapur menggunakan bahan kimia berupa asam lemah (*latic acid*). *Input* selama proses ini yaitu air, amonium klorida (NH_4Cl), dan amonium sulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$). *Output* selama proses ini yaitu asam, amonia, sulfida, BOD, COD, TSS dan nitrogen.
- d. Pengikisan protein (*batting*) merupakan tahapan yang saling berkaitan dengan proses *deliming*. *Input* selama proses ini yaitu air, dan amonium sulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$). *Output* selama proses ini yaitu protein larut air, amonia, sulfida, BOD, COD, TSS dn nitrogen.
- e. Pengikisan lemak bertujuan untuk mengeliminasi kandungan lemak alami dan minyak berlebih pada kulit. *Input* selama proses ini yaitu air, amonium sulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) dan surfaktan. *Output* selama proses ini yaitu minyak, lemak, amonia, sulfida, BOD, COD, TSS dan nitrogen.
- f. Pengasaman (*pickling*) bertujuan untuk persiapan proses pengawetan kulit mentah. *Input* selama proses ini yaitu air, garam, asam sulfat dan asam format. *Output* selama proses ini yaitu asam, protein, mineral,

amonia, sulfida, BOD, COD, TSS.

2. Penyamakan (*tanning*) merupakan proses utama dalam penyamakan kulit dengan menggunakan bahan penyamak. Bahan yang digunakan berupa krom sulfat yang berfungsi sebagai zat modifikasi sifat fisik, mekanik, kimia dan biologi sehingga diperoleh jaringan protein (collagen) pada kulit yang stabil. Kulit yang berasal dari proses pengolahan ini akan bersifat resisten terhadap bakteri dan suhu tinggi. Pemanfaatan air dan bahan kimia dilakukan secara bertahap (*batch*) pada proses ini. *Input* selama proses ini yaitu air, kromium sulfat, natrium bikarbonat, sytan, asam format dan bakterisida. *Output* selama proses ini yaitu kromium trivalen, sytan, amonia, nitrogen, BOD, COD, dan TSS.
3. Pasca penyamakan (*posttaning*) merupakan tahapan terakhir dalam proses penyamakan yang bertujuan untuk melengkapi kulit samak yang sudah diolah. *Input* selama proses ini yaitu air, minyak, kromium sulfat, asam format, sytan dan titanium dioksida. *Output* selama proses ini yaitu kromium trivalen, ekstrak penyamakan, sytan, pewarna, dan gemuk (*grease*). Pengolahan kulit pada proses ini tersusun oleh beberapa tahapan yaitu:
 - a. *Pressing (sammying)* bertujuan membersihkan kelembaban kulit segar dan memproduksi limbah cair yang sama pada proses penyamakan.
 - b. Penyamakan sekunder (*retanning*) bertujuan memperbaiki kulit yang disamak agar tahan terhadap kerusakan.
 - c. Pewarnaan (*dyeing*) bertujuan untuk mewarnai dasar kulit tersamak.

- d. Perminyakan (*fatliquoring*) merupakan tahapan pengolesan minyak-minyak emulsi pada kulit tersamak dengan fungsi mempertahankan kelembaban kulit dan memberi efek elastis.

Dalam proses produksinya, industri penyamakan kulit menghasilkan produk sampingan berupa limbah. Limbah merupakan hasil samping dari suatu kegiatan atau usaha berupa sampah atau benda yang tidak bernilai ekonomi. Limbah yang dihasilkan oleh berbagai macam aktivitas manusia akan terus meningkat setiap harinya (Sunarsih, 2018).

Limbah yang berasal dari aktivitas penyamakan kulit berupa limbah lumpur, padat dan limbah cair. Limbah padat yang dihasilkan yaitu limbah kulit mentah yang belum dan sesudah disamak. Limbah lumpur dan cair di industri penyamakan kulit dihasilkan oleh aktivitas produksi dan penggunaan air (Wahyulis dkk., 2014). Limbah tersebut akan terus meningkat dan memberi dampak negatif terhadap pencemaran lingkungan meliputi pencemaran air, udara dan tanah. Limbah yang dihasilkan juga akan menciptakan bau busuk dan masalah kesehatan (Suhartawan dkk., 2023).

B. Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit

Industri penyamakan kulit tergolong ke dalam salah satu industri penyumbang limbah terbanyak. Limbah industri penyamakan kulit diperoleh dari proses *soaking*, *liming*, *deliming*, *bating*, *pickling*, *tanning*, *dyeing*, *fatliquoring* dan *finishing* yang merupakan tahapan dari proses penyamakan dan pengolahan kulit, dimana limbah yang dihasilkan umumnya berupa limbah cair (Putri dkk., 2020). Pada proses pengolahan 1 ton kulit mentah dapat

menghasilkan limbah cair yang cukup besar yaitu berkisar antara 30 – 35 m³. Kandungan senyawa pada limbah cair penyamakan kulit juga cukup beragam yaitu kapur, natrium sulfida, amonium sulfat, garam dapur, asam sulfat dan kromium (Kuncoro dan Soedjono, 2022).

Penyamakan kulit merupakan proses pengolahan kulit mentah menjadi kulit tersamak melalui beberapa tahapan untuk dijadikan produk. Produk yang dihasilkan berupa ikat pinggang, sepatu, dompet, jok kursi dan produk kulit lainnya (Aisyah, 2019). Campuran senyawa tertentu dibutuhkan untuk melindungi kulit dari degradasi mikrobial, panas, keringat dan kelembaban. Kromium merupakan salah satu campuran senyawa yang dibutuhkan agar kulit binatang menjadi halus (Wahyulis dkk., 2014).

Proses penyamakan dengan kromium dapat memicu masalah pencemaran lingkungan akibat kromium yang tidak dapat diserap semua oleh kulit. Kandungan kromium yang dapat diserap kulit pada proses penyamakan berkisar antara 60-70% sedangkan sisanya berkisar 30-40% akan terbuang dan bercampur ke dalam limbah industri penyamakan kulit. Sisa kromium yang tergolong cukup besar pada limbah cair industri penyamakan kulit menjadi indikator untuk perlu adanya proses pengelolaan limbah (Rahayu dkk., 2021).

Berdasarkan penelitian Lasindrang (2014) mengenai uji karakteristik limbah cair industri penyamakan kulit tanpa adanya IPAL menunjukkan sifat berbahaya. Parameter yang diuji menunjukkan hasil yaitu pH (3) ; suhu (25,5°C) ; BOD (1.200,1 mg/L) ; COD (3.900 mg/L) ; TSS (640 mg/L) dan kromium (644.850 mg/L). Berdasarkan penelitian tersebut dibuatlah regulasi

hukum yang mengatur mengenai hasil limbah industri penyamakan kulit. Batas baku pengolahan air limbah industri penyamakan kulit yang aman untuk dikembalikan ke lingkungan disesuaikan dengan Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 mengenai Baku Mutu Air Limbah Untuk Kegiatan Industri Penyamakan Kulit Menggunakan Krom yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Industri Penyamakan Kulit

Parameter	Proses Penyamakan Menggunakan Krom	
	Kadar Paling Banyak (Mg/L)	Beban Pencemaran Paling Banyak (Kg/ton)
BOD ₅	50	2,0
COD	110	4,4
TSS	50	2,0
TDS	2.000	80
Sulfida (sebagai S)	0,5	0,02
Krom Total (Cr)	0,5	0,02
Nitrogen Total (sebagai N)	10	0,4
Amonia Total (NH ₃ sebagai N)	0,5	0,02
Minyak dan Lemak Total	5,0	0,2
Suhu	± 3°C terhadap suhu udara	
pH	6.0 - 9.0	
Debit Limbah Paling Banyak	40 m ³ per ton bahan baku	

C. Kromium

Kromium ditemukan pertama kali pada tahun 1797 oleh Vauquelin dengan karakteristik fisik berupa berwarna putih atau perak abu-abu, tidak dapat ditempa, rapuh dan tidak terlalu terlihat. Unsur kromium pada tabel periodik berada pada nomor atom 24, nomor massa 51,996, periode 4 dan tergolong ke dalam IVB. Kromium sudah banyak dimanfaatkan dalam berbagai macam aktivitas manusia yaitu sebagai zat penghambat/anti korosi, zat warna

(*pigment*), pelapis logam secara listrik (*electroplating*), baja anti karat (*stainless steel*), semen, pengawet kayu (*wood preservation*), cat (*paint*), antioksidan dan industri penyamakan kulit (*leather tanning*) (Berniyanti, 2018).

Chromic acid atau kromium merupakan zat atau unsur kimia yang tergolong ke dalam senyawa yang sangat beracun karena bersifat persisten, bioakumulatif dan tidak dapat terurai dalam lingkungan. Kromium dapat dihasilkan oleh berbagai kegiatan rumah tangga (pembakaran sampah, mobilisasi bahan bakar) dan kegiatan industri. Industri pengolahan logam, produksi kromat dan penyamakan kulit tergolong ke dalam industri penyumbang polutan krom terbanyak ke alam (Berniyanti, 2018).

Keberadaan kromium di alam dapat ditemukan dalam bentuk valensi Cr^{3+} dan valensi Cr^{6+} (Berniyanti, 2018). Tingkat toksisitas senyawa kromium ditentukan oleh tingkat oksidasi. Tingkat oksidasi yang tinggi menjadi indikator senyawa tersebut lebih toksik. Kromium trivalen dan heksavalen dapat ditemukan dalam limbah industri penyamakan kulit (Hertika dan Putra, 2019).

Krom valensi (III) atau lebih dikenal dengan kromium trivalen merupakan bentuk krom yang paling mudah ditemukan dan merupakan salah unsur esensial yang dibutuhkan oleh tubuh manusia dalam jumlah kecil untuk proses metabolisme jantung. Kadar kromium yang diperbolehkan ada pada air minum yaitu kurang dari 0,005 mg/L. Kekurangan kromium trivalen pada tubuh dapat menyebabkan penyakit *chromium deficiency*. Kelebihan kromium

trivalen pada tubuh akan menyebabkan kondisi kulit kemerahan (Berniyanti, 2018).

Kromium (VI) atau lebih dikenal dengan kromium heksavalen merupakan unsur yang sulit ditemukan di lingkungan, namun dapat ditemukan di perairan yang ada aktivitas domestik dan industri. Kromium heksavalen bersifat karsinogenik sehingga berpotensi memicu pertumbuhan sel kanker dan mutasi genetik. Akumulasi kromium heksavalen pada tubuh dapat berakibat pada munculnya masalah kesehatan berupa iritasi, mimisan, kulit ruam, sakit perut, bisul, penurunan sistem kekebalan tubuh, perubahan materi genetik, kanker paru-paru, kerusakan ginjal dan hati serta terburuknya yaitu kematian (Berniyanti, 2018).

Keberadaan kromium di alam, tidak hanya berbahaya bagi manusia tapi kepada setiap makhluk hidup seperti tanaman. Toksisitas kromium mampu menekan proses perkecambahan benih pada biji gulma, Kromium akan menyebabkan peningkatan protease yang berdampak terhadap penurunan aktivitas amilase dan proses transportasi gula menuju embrio. Faktor tersebut yang memberikan pengaruh terhadap proses fotosintesis karena berpotensi merubah pigmen tanaman dan peningkatan produksi metabolit sehingga berdampak terhadap kerusakan tanaman (Handayanto dkk., 2017).

D. Fitoremediasi

Paparan polusi logam berat yang masuk ke lingkungan seperti Cd, Pb, Co, Zn dan Cr memiliki dampak negatif kepada lingkungan baik pada konsentrasi rendah hingga konsentrasi tinggi pada air limbah. Logam berat

yang masuk ke dalam sedimen dalam konsentrasi tinggi berpotensi menyebabkan toksisitas atau keracunan. Inovasi teknologi terbaru yang bersifat sederhana efektif dan ramah lingkungan diperlukan sebagai sarana pengolahan logam berat berbahaya dalam badan air limbah, salah satu teknologi tersebut yaitu fitoremediasi (Sukono dkk., 2020).

Fitoremediasi merupakan teknologi untuk menekan volume, mobilitas, dan toksisitas dalam tanah atau air dengan memanfaatkan kemampuan penyerapan tanaman. Kondisi iklim di daerah tropis yang mendukung pertumbuhan tanaman dan merangsang aktivitas mikroba menyebabkan teknologi fitoremediasi efektif digunakan. Efisiensi fitoremediasi ditentukan oleh beberapa faktor yaitu sifat tanah, jenis kontaminan dan ketersediaan hayati (Sukono dkk., 2020). Kelebihan teknologi fitoremediasi yaitu ekonomis dan efektif terhadap proses remediasi jangka panjang pada lahan tercemar. Kelemahan fitoremediasi yaitu keterbatasan kemampuan penyerapan pada tanaman hiperakumulator dan berdampak juga pada rantai makanan (Sidauruk dan Sipayung, 2015).

Tidak semua tanaman dapat digunakan untuk teknologi fitoremediasi. Tanaman yang dapat digunakan karena kemampuan penyerapan kontaminan pada bagian tubuhnya dikenal sebagai tanaman hiperakumulator. Ciri tanaman hiperakumulator yaitu mempunyai ketahanan terhadap logam berat, siklus hidup pendek, distribusi luas, biomasa tunas besar dan faktor translokasi >1 (Widyasari, 2021). Menurut Sukono dkk. (2020), mekanisme fitoremediasi yaitu sebagai berikut:

1. Fitoekstraksi atau dikenal dengan istilah fitoakumulasi merupakan kemampuan akar tanaman untuk proses penyerapan dan translokasi kontaminan logam di tanah atau perairan. Mekanisme fitoekstraksi yaitu memindahkan kontaminan logam berat dari tanah atau perairan dengan cara diserap, diendapkan dan dipindahkan menuju bagian biomassa seperti pucuk, daun dan anggota tumbuhan lainnya. Fitoekstraksi logam dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kecepatan penyerapan logam oleh akar, kecepatan pengangkutan xilem atau translokasi menuju pucuk, toleransi seluler pada logam beracun dan aksesibilitas hayati logam di dalam rizosfer.
2. Rhizofiltrasi merupakan metode penyerapan dan pengendapan kontaminan dalam larutan yang berada disekitar zona akar. Rhizofiltrasi digunakan untuk pembersihan kontaminan di air. Tanaman yang ingin digunakan dalam proses rhizofiltrasi dikembangkan dalam area rumah kaca dengan kondisi akar berada di air. Mekanisme rhizofiltrasi yaitu tanaman yang sudah beradaptasi dan memiliki sistem perakaran besar diletakkan pada tempat berisi air kontaminan dari tempat pembuangan limbah sebagai pengganti sumber air. Tanaman akan menyerap air kontaminan dalam prosesnya, dimana akar yang sudah jenuh akan diambil dan dipanen. Kelebihan metode ini yaitu pemanfaatan tanaman darat dan air dapat diaplikasikan secara *in-situ* ataupun *ex-situ*, kontaminan tidak harus dialihkan menuju tunas, dan pemanfaatan tanaman selain hiperakumulator dapat digunakan. Kekurangannya yaitu memerlukan proses adaptasi dengan

cara tanaman di kembangkan terlebih dahulu dalam rumah kaca untuk menyesuaikan kondisi pH, membutuhkan pemanenan berkala dan membutuhkan pengetahuan berkaitan dengan interaksi kimia.

3. Fitovolatilisasi merupakan metode pembersihan kontaminan pada tanah kemudian dipindahkan ke atmosfer dengan mengubah bentuknya agar mudah menguap. Mekanisme fitovolatilisasi yaitu kontaminan yang mudah menguap dibawa oleh uap air dari daun. Fitovolatilisasi dapat diaplikasikan pada area tanah, sedimen dan air yang mempunyai kontaminan. Kelebihan fitovolatilisasi yaitu dapat mengubah senyawa kontaminan beracun yang diserap menjadi senyawa yang lebih tidak berbahaya. Kekurangannya yaitu kontaminan yang dilepaskan ke atmosfer berkemungkinan akan menyebabkan proses daur ulang yang hasilnya disimpan kembali pada danau dan lautan.

E. Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*)

Tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes*) merupakan tumbuhan air yang mempunyai habitat pada permukaan air dengan aliran tenang. Kayu apu hidup pada daerah beriklim tropis dengan kondisi suhu 22-23 °C dan pH air 6-7. Tumbuhan ini dapat ditemukan di perairan danau, rawa, sawah dan kolam yang teduh (Herniwanti, 2021). Tumbuhan kayu apu dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*) (Herniwanti, 2021).

Kayu apu memiliki tinggi berkisar 5-10 cm dengan morfologi berupa akar dan daun. Kayu apu tergolong ke dalam tanaman monokotil karena memiliki akar serabut dan berdaun tunggal (Dewi dkk., 2021). Menurut Rijal (2014), klasifikasi kayu apu (*Pistia stratiotes* L) yaitu sebagai berikut.

Regnum : Plantae
Sub Regnum : Tracheobionta
Superdivision : Spermatophyta
Division : Magnoliophyta
Class : Liliopsida
Subclass : Arecidae
Order : Arales
Family : Araceae
Genus : Pistia
Species : *Pistia stratiotes* L.

Kayu apu sudah banyak dimanfaatkan sebagai agen fitoremediasi untuk senyawa organik dan anorganik pada limbah cair ataupun perairan sungai yang kotor. Kayu apu memiliki akar yang mengapung di permukaan air dengan

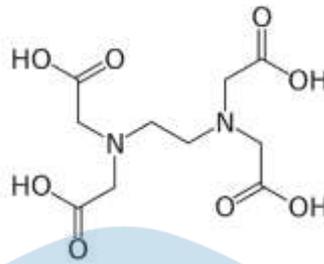
karakteristik lebar, lebat, dan panjang. Akar tersebut mampu menghisap dan menghilangkan kontaminan di perairan (Dewi dkk., 2021).

Kayu apu memiliki daun dengan tulang sejajar, berwarna hijau kebiruan, dan berdaun tunggal. Daun kayu apu tidak mempunyai lapisan lilin. Daun kayu apu dapat tumbuh hingga 2-10 cm dengan ujung daun berbentuk bulat dan pangkal daun berbentuk runcing (Dewi dkk., 2021).

Kondisi lingkungan pada tempat tanaman tumbuh akan menentukan kecepatan penyerapan kontaminan. Bentuk adaptasi kayu apu terhadap kondisi lingkungannya yaitu mempunyai stomata bagian atas saja (abaksial) yang terdapat pada daun. Kayu apu memiliki kemampuan transpirasi yang cepat karena memiliki daun lebar sehingga mempunyai jumlah stomata yang banyak, semakin lebar daun berarti stomata semakin banyak (Dewi dkk., 2021).

F. *Ethylene Diamine Tetraacetic Acid* (EDTA)

Ethylene diamine tetraacetic acid merupakan zat untuk menanggulangi permasalahan logam berat di lingkungan karena memiliki kemampuan kuat dalam mengikat zat logam pencemar. EDTA dikenal sebagai ligan hexandetat karena secara stoikiometri mampu berkombinasi dengan setiap logam pada tabel periodik (Helmyati dkk., 2018). Menurut Yusaerah dkk. (2022) EDTA memiliki enam gugus atom koordinasi yaitu empat gugus karboksil dan dua gugus nitrogen. EDTA akan membentuk senyawa kompleks dengan stabilitas untuk menjadi bentuk kelat dan stabil ketika bertemu dengan ion logam. Struktur EDTA dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur EDTA (Yusaerah dkk., 2022).

Penggunaan EDTA dalam penelitian penyerapan logam berat telah terbukti efek menurunkan kadar logam berat dibandingkan tidak menggunakan EDTA. EDTA mampu meningkatkan bioavailabilitas logam pada proses fitoremediasi dengan membentuk ligan kompleks berupa HMEDTA pada pada kisaran pH 5,2 sampai 7,7. EDTA bekerja pada proses fitoekstraksi sehingga menyebabkan akumulasi penyerapan logam berat pada area pucuk tanaman. Penggunaan EDTA akan menyebabkan peningkatan perakaran sehingga berdampak terhadap kondisi fisiologis tanah berupa perbaikan struktur tanah, kelembaban dan porositas tanah. EDTA memiliki pH yaitu 7 atau bersifat netral (Shinta dkk., 2021).

Kelebihan penggunaan EDTA sebagai agen pengkelat yaitu kemampuannya dalam peningkatan *bioaccumulation factor* (BCF) di berbagai jenis tumbuhan. EDTA juga efektif dan efisien karena mempunyai biodegradabilitas rendah sehingga dapat dimanfaatkan dalam pembentukan senyawa kompleks pada setiap jenis logam berat. EDTA juga dapat terimobilisasi dengan tumbuhan fitoremediator (Nadhilah dan Titah). Kekurangan EDTA yaitu berpotensi dapat menyebabkan pencemaran air dan tanah (Shinta dkk., 2021).

Mekanisme kerja EDTA sebagai agen pengkelat pada proses fitoremediasi logam berat yaitu dengan cara meningkatkan bioavailabilitas logam berat untuk saling berikatan menjadi kompleks HM-khelator. Kompleks HM-khelator dimulai dari plasmodesmata, apoplas, casparian dan berakhir pada aliran simplas. Penyerapan logam dimulai dari proses transpirasi tanaman pada akar, dimana EDTA akan berdifusi dengan logam sehingga meningkatkan konsentrasi logam pada tanah melalui proses desorpsi. Proses desorpsi logam tersebut akan membentuk senyawa kompleks akibat penurunan koefisien logam berat, tetapi dalam kondisi pH netral akan menyebabkan pada sel rhizodermal tidak terhalang oleh gugus karboksil dan polisakarida (Shinta dkk., 2021).

G. *Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)*

Atomic Absorption Spectroscopy atau dikenal dengan spektrofotometer serapan atom (SSA) merupakan alat yang digunakan untuk menganalisis unsur-unsur logam dan metaloid yang pengukurannya didasarkan pada penyerapan cahaya pada gelombang tertentu. Panjang gelombang disesuaikan dengan sifat unsurnya. Metode ini cocok digunakan untuk pengukuran zat dengan konsentrasi rendah (Lolo dkk., 2020).

Prinsip metode SSA yaitu berfokus pada penggunaan cahaya pada panjang gelombang tertentu untuk proses absorpsi oleh atom. Cahaya pada gelombang mampu mengganti tingkat energi elektronik yang dimiliki oleh sebuah atom. Kelebihan metode AAS ini yaitu mudah, murah, sederhana, cepat

dan memiliki sensitivitas terhadap pengukuran zat tinggi. Metode ini juga dinilai memiliki hasil analisis yang lebih sensitif dan spesifik terhadap pengukuran zat dengan konsentrasi kadar unsur sangat rendah tanpa harus dilepaskan dahulu (Lolo dkk., 2020).

H. Hipotesis

1. Penambahan EDTA dapat meningkatkan kemampuan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dalam fitoremediasi limbah kromium (Cr).
2. Akumulasi penyerapan kromium terbesar terjadi pada variasi perlakuan dengan penambahan EDTA terbesar hingga terkecil.
3. Limbah penyamakan kulit yang digunakan berpengaruh terhadap kondisi morfologi tanaman.