

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi

Air merupakan bahan yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan sehari-hari baik bagi manusia maupun bagi mikroorganisme lainnya, karena itu air harus dijaga dari terjadinya pencemaran. Pencemaran lingkungan hidup adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain kedalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan hidup tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya (Anonim, 1997).

Menurut Sugiharto (1987) sumber dan asal air limbah dikelompokkan menjadi tiga, yaitu :

1. Air limbah rumah tangga

Sumber utama air limbah rumah tangga dari masyarakat adalah berasal dari perumahan dan daerah perdagangan. Adapun sumber lainnya yang tidak kalah pentingnya adalah daerah perkantoran atau lembaga serta daerah fasilitas rekreasi.

2. Air limbah industri

Jumlah aliran air limbah yang berasal dari daerah industri sangat bervariasi tergantung dari jenis dan besar kecilnya industri, pengawasan pada proses industri, derajat penggunaan air, derajat pengolahan air limbah yang ada. Puncak tertinggi aliran selalu tidak akan dilewati apabila menggunakan

tangki penahan dan bak pengaman. Untuk memperkirakan jumlah air yang dihasilkan oleh industri yang tidak menggunakan proses basah diperkirakan 50 m³/ha/hari. Sebagai patokan dapat digunakan pertimbangan bahwa 85-95% dari jumlah air yang dipergunakan adalah berupa air limbah apabila industri tersebut tidak menggunakan kembali air limbah. Apabila industri tersebut menggunakan kembali air limbahnya maka jumlahnya akan lebih kecil.

3. Air limbah rembesan dan tambahan

Apabila turun hujan di suatu daerah, maka air yang turun secara cepat akan mengalir masuk kedalam saluran pengering atau saluran hujan. Apabila saluran ini tidak mampu menampungnya, maka limpasan air hujan akan digabung dengan saluran air limbah, dengann demikian akan merupakan tambahan yang sangat besar. Oleh karena itu perlu diketahui curah hujan yang ada sehingga banyak air yang akan ditampung melalui saluran air hujan atau saluran pengering dan saluran air limbah dapat diperhitungkan.

Selain air yang masuk melalui limpahan, maka terdapat air hujan yang menguap, diserap oleh tumbuh-tumbuhan dan ada yang merembes ke dalam tanah. Air yang merembes ini akan masuk ke dalam tanah yang akhirnya menjadi air tanah.

2.2. Pengertian Air Limbah

Air limbah diartikan sebagai kejadian masuknya atau dimasukkannya benda padat, cair dan gas ke dalam air dengan sifatnya berupa endapan atau padat,

padar tersuspensi, terlarut, koloid, emulsi yang menyebabkan air dimaksud harus dipisahkan atau dibuang dengan sebutan air buangan (Tjokrokusumo,1995).

Ciri-ciri air yang mengalami pencemaran sangat bervariasi tergantung jenis air dan pencemarnya atau komponen yang mengakibatkan pencemaran. Tanda-tanda pencemaran air yang berbeda ini disebabkan oleh sumber dan jenis pencemar yang berbeda-beda. Untuk mengetahui secara jelas apakah suatu air tercemar atau tidak maka diperlukan pengujian untuk menentukan sifat-sifat air sehingga diketahui apakah terjadi penyimpangan dari batasan-batasan pencemaran air (Suriwiria,1989).

Badan air yang telah terkena pencemaran baik fisik, kimia, maupun biologi pada umumnya akan mengalami pemurnian air secara alami. Pemurnian dari bahan harus memerlukan waktu dan panjang aliran tertentu dengan derajat pencemaran yang terjadi. Apabila suatu limbah ditampung dan dibuang begitu saja tanpa mengalami pengolahan ataupun pemurnian secara alami, akibat lain adalah adanya perembesan limbah yang sudah tercemar tersebut kedalam air tanah atau perairan sekitarnya apabila kolam penampung limbah tidak terbuat dari bahan kedap air (Pramiyati,1992)

Manusia tidak mungkin dapat mencegah dihasilkannya bahan limbah, yang dapat diusahakan hanyalah mengurangi bahan limbah yang dihasilkannya. Dengan demikian maka manusia harus mencari akal bagaimana cara pengolahan bahan limbah yang paling efisien (Djajadiningrat, 1992).

2.2.1. Pencemaran Terhadap Badan Air

Pencemaran air khususnya air sungai terutama disebabkan oleh air buangan industri, karena tidak diolah atau kurang tepat di dalam pengolahan air limbah. Air buangan diartikan sebagai kejadian masuknya atau dimasukkannya benda padat, cair dan gas kedalam air dengan sifatnya berupa endapan atau padat, padat tersuspensi, terlarut sebagai koloit, emulsi yang menyebabkan air dimaksud dipisahkan atau dibuang dengan sebutan air buangan (Tjokrokusumo, 1995).

Air merupakan substrat yang paling parah akibat berbagai pencemaran.

Berbagai pencemaran baik yang berasal dari :

- a. Sumber domestik (rumah tangga, perkampungan, kota, pasar, jalan dan sebagainya).
- b. Sumber non domestik (pabrik, industri pertanian, peternakan, perikanan, sert sumber lainnya)

banyak memasuki badan air, serta langsung maupun tidak langsung pencemaran tersebut akan berpengaruh terhadap kualitas air, baik untuk keperluan industri maupun keperluan lainnya. Berbagai cara dan usaha telah banyak dilakukan agar kehadiran pencemar terhadap air dapat dihindari, dikurangi atau minimal dapat dikendalikan.

Ciri-ciri air yang mengalami pencemaran sangat bervariasi tergantung jenis air dan pencemarannya atau komponen yang menyebabkan pencemaran. Sebagai contoh air minum yang tercemar mungkin rasanya akan berubah meskipun perubahan baunya sukar dideteksi. Kehidupan air akan berkurang pada air sungai yang tercemar berat. Tanda-tanda pencemaran air yang berbeda ini disebabkan oleh sumber dan jenis pencemaran yang berbeda-beda. Untuk

mengetahui secara jelas apakah suatu air tercemar atau tidak tercemar maka diperlukan pengujian untuk menemukan sifat-sifat air sehingga diketahui apakah terjadi penyimpangan dari batasan- batasan pencemaran air (Suriawiria, 1989).

2.2.2. Pengolahan Air Limbah atau Air Buangan

Pengolahan air buangan adalah suatu pekerjaan atau mengurangi konsentrasi masing-masing polutan dalam air buangan sehingga aman dibuang ke badan air penerima. Pengolahan adalah usaha memperbaiki kualitas air buangan yang bertujuan melindungi kesehatan masyarakat menghindari gangguan terhadap badan air dan menghindari kerusakan-kerusakan lainnya.

Terhadap suatu limbah industri sebelum diolah atau diperlakukan perlu diketahui terlebih dahulu jenis-jenis bahan baku yang digunakan serta komposisinya, hal itu meliputi :

- a. Bahan baku yang digunakan secara kimia, jenis produk antara dan produk akhir.
- b. Jenis produk sisa yang sangat menentukan limbah industri.
- c. Jenis pembersih yang akan digunakan untuk menggunakan alat-alat pabrik secara umum (Riyadi, 1984).

Akibat yang ditimbulkan oleh kandungan air buangan proses penyamakan kulit akan menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan. Tingginya kadar organik merupakan hal yang perlu dikurangi, bertambah banyaknya bahan organik menyebabkan semakin meningkatkan aktivitas mikroorganisme. Dalam melakukan aktivitas tersebut mikroorganisme membutuhkan oksigen, sehingga

menyebabkan oksigen terlarut dalam air menjadi berkurang atau habis. Bekerjanya mikroorganisme anaerobik akan menghasilkan bau yang tidak sedap.

Secara umum akibat dari limbah kulit yang jelas dirasakan oleh lingkungan adalah bau yang tidak sedap, warna air sungai yang dialiri menjadi keruh karena bahan pencemar organik mengandung protein dan penyamak nabati.

Air buangan pada penyamakan kulit dapat mempengaruhi air yang menerimanya, baik secara fisik, kimia, maupun biologi. Kadar khlorida yang tinggi pada air buangan menyebabkan kualitas air menurun karena rasa, bau dan warna. Adanya zat-zat tersuspensi seperti kapur, bulu, sisa daging dan sebagainya mempengaruhi kehidupan aquatic, juga adanya zat terlarut yang mengakibatkan kekeruhan pada air tersebut (Oetoyo, et el, 1981).

Di dalam pengolahan air limbah harus diketahui sifat-sifat atau karakteristik air buangan /air limbah. Kualitas air limbah dapat dibedakan atas tiga karakteristik, yaitu :

1. Karakteristik fisik

Karakteristik fisik yang penting dari air limbah adalah kandungan zat padat sebagai efek estetika dan kejernihan serta bau, warna dan temperatur.

2. Karakteristik kimia

Kandungan bahan kimia yang ada dalam air limbah dapat merugikan lingkungan melalui berbagai cara. Bahan organik yang terlarut dapat menghabiskan oksigen dalam limbah serta akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap pada penyediaan air bersih. Selain itu akan lebih berbahaya apabila bahan tersebut merupakan bahan yang beracun. Adapun

bahan kimia yang penting di dalam air limbah pada umumnya antara lain bahan organik, protein, karbohidrat, lemak, minyak dan gemuk, deterjen atau surfactant, fenol, bahan anorganik, pH, klorida, kebasaan, silfur, zat beracun, logam berat, metan, nitrogen, fosfat dan gas.

3. Karakteristik Biologis

Pemeriksaan biologis di dalam air dan air limbah untuk memisahkan apakah ada bakteri-bakteri pathogen berada di dalam air limbah. Keterangan biologis diperlukan untuk mengukur kualitas air serta untuk menafsirkan tingkat kekotoran air limbah sebelum dibuang ke badan air.

Untuk mengurangi atau menghilangkan zat pencemar dari air limbah industri diperlukan satu unit pengolahan air limbah sebelum dibuang ke perairan umum. Pengolahan air limbah terdiri dari satu atau lebih proses pengolahan. Berbagai teknik pengolahan air limbah bertujuan untuk menurunkan kadar zat pencemar yang terkandung dalam air limbah sampai memenuhi persyaratan effluen yang berlaku (Djajadiningrat, 1992).

Tujuan dari pengolahan air buangan adalah sebagai berikut :

- a. Ditinjau dari segi kesehatan adalah untuk menghindari penyakit menular, karena air merupakan media terbaik untuk kelangsungan mikroba menular.
- b. Ditinjau dari estetika adalah untuk melindungi air terhadap bau dan warna yang tidak menyenangkan atau tidak diharapkan.
- c. Ditinjau dari segi kelangsungan kehidupan dan dalam air.

Berdasarkan karakteristik air, pengolahan air buangan telah dikembangkan dengan berbagai teknik yaitu :

1. Pengolahan secara fisik

Pengolahan secara fisik dimaksudkan untuk bahan-bahan tersuspensi berukuran besar dan mudah mengendap atau bahan-bahan terapung disisihkan terlebih dahulu. Pengolahan yang dilakukan antara lain : penyaringan kasar (*screen*), pencampuran (*mixing*), flokulasi (*flocculation*), pengendapan (*sedimentation*), pengapungan (*flotation*), penyaringan (*filtration*) merupakan proses pendahuluan untuk menyisihkan bahan tersuspensi dari air limbah.

2. Pengolahan secara kimia

Pengolahan secara kimia bertujuan untuk menghilangkan partikel yang tidak mudah mengendap. Pengolahan ini memerlukan bahan kimia untuk menyisihkan bahan polutan. Hasil akhir proses pengolahan biasanya merupakan endapan yang kemudian dipisahkan secara fisika.

3. Pengolahan secara biologi

Pengolahan secara biologi memanfaatkan mikroorganisme yang berada dalam air untuk memisahkan bahan-bahan polutan. Dalam hal ini terjadi konversi bahan polutan menjadi sel mikroorganisme yang terbentuk.

Dari ketiga pengolahan yang ada, peneliti memilih pengolahan secara biologis. Pengolahan secara biologis akhir-akhir ini dipandang sebagai pengolahan yang paling efisien dan murah. Dalam beberapa dasawarsa berkembang berbagai metode pengolahan biologi dengan berbagai modifikasinya.

Akhir-akhir ini banyak dicoba penjernihan air yang telah tercemar melalui fitoremediasi dengan menggunakan tumbuhan air yang selama ini dikenal sebagai gulma yang merugikan. Pengolahan secara biologi yang peneliti gunakan adalah dengan cara fitoremediasi, yaitu menggunakan tanaman sebagai penyaring dari kandungan bahan pencemar yang terdapat dalam air limbah, baik yang berupa bahan organik maupun anorganik. Tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman Kiapu (*Pistia stratiotes*) didalam menurunkan kandungan logam berat terutama Cr dari air limbah penyamakan kulit.

2.3. Logam Berat

Air sering tercemar oleh komponen-komponen anorganik diantaranya berbagai logam berat yang berbahaya. Beberapa logam tersebut banyak digunakan dalam berbagai keperluan, oleh karena itu diproduksi secara rutin dalam skala industri. Industri logam berat tersebut seharusnya mendapat pengawasan yang ketat sehingga tidak membahayakan bagi pekerja-pekerjanya maupun lingkungan sekitarnya. Penggunaan logam berat tersebut dalam berbagai keperluan sehari-hari berarti telah secara langsung maupun tidak langsung atau sengaja tidak sengaja telah mencemari lingkungan melebihi ambang batas yang berbahaya bagi kehidupan lingkungan. Logam-logam berat yang berbahaya dan sering mencemari lingkungan terutama Hg, Pb, As, Cd, Cu, Cr dan No. logam-logam tersebut diketahui dapat mengumpul dalam jangka waktu lama sebagai racun terakumulasi.

Dalam perairan logam-logam dalam bentuk terlarut dan tidak terlarut. Yang terlarut adalah ion logam bebas air dan logam yang membentuk kompleks dengan

senyawa organik dan anorganik. Tidak terlarut adalah terdiri dari partikel yang berbentuk koloid dan senyawa racun terakumulasi.

Air limbah yang mengandung logam berat dan bahan toksik tidak hanya mengganggu kesehatan lingkungan dan kesejahteraan manusia, tetapi juga dapat mengubah system kerja biologis. Air limbah yang mengandung logam-logam berat seperti Hg, Co, No, As, Cr baik secara sendiri-sendiri maupun dalam bentuk kombinasi dapat bersifat toksik bagi kehidupan organisme aquatis dan mempunyai dampak yang besar pada seluruh komunitas air.

Karakteristik logam berat sebagai berikut (Palar,1994) :

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

Besarnya bahwa limbah tersebut bersifat racun terhadap badan penerima, unsur kimia ini bervariasi tingkat bahayanya dari daya pencemarnya. (Bowen,1966) membagi unsur-unsur kimia tersebut menjadi empat kelas, yaitu :

1. Berdaya pencemar sangat tinggi, seperti : Ag, Cd, Cr, Hg, Cu, Sb, Cn, Fe, Ar, Zn.
2. Berdaya pencemar tinggi, seperti : Ba, Ca, Bi, Mn, P, Ti, U.
3. Berdaya pencemar menengah, seperti : Al, As, Bo, Cl, Co, F, B, Li, Na, dan N.
4. Berdaya pencemar rendah, seperti : Ga, La, Ms, I, Si, Nd, Sr, Ta, Zr

2.4. Khromium (Cr)

Kromium berasal dari bahasa Yunani yaitu *chroma* yang berarti warna. Logam kromium ditemukan pertama kali oleh Vaqueline, seorang ahli kimia Perancis pada tahun 1797. Logam ini merupakan logam kristalin yang putih keabu-abuan dan tidak begitu liat.

Salah satu logam transisi yang paling penting adalah kromium (Cr). Sepuhan kromium (*chrome plating*) banyak digunakan pada peralatan sehari-hari, pada mobil dan sebagainya, karena lapisan kromium ini sangat indah, keras dan melindungi logam lain dari korosi. Kromium juga penting dalam paduan logam dan digunakan dalam pembuatan "*stainless steel*". (Achmad, H, 1992)

Senyawa kromium mempunyai warna yang sangat menarik dan digunakan sebagai pigmen seperti kuning khrom (timbal(II)kromat) dan hijau khrom (kromium(III)oksida). Kromium dalam keadaan murni melarut dengan lambat sekali dalam asam encer membentuk garam kromium (II). Berdasarkan sifat kromium dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.1. Beberapa Sifat Fisik Logam Kromium

Lambang	Cr
Nomor atom	24
Massa atom relatif (Ar)	51,996
Konfigurasi elektron	3d ⁵ 4s ¹
Jari-jari atom(nm)	0,117
Jari-jari ion m ³⁺ (nm)	0,069
Keelektronegatifan	1,6
Energi ionisasi (I) kJ mol ⁻¹	659
Kerapatan (g cm ⁻³)	7,19
Titik leleh (°C)	1890
Titik didih (°C)	2475
Bilangan oksidasi	2, 3, 6
potensial elektroda (V)	
$M^{2+}_{(aq)} + 2e \rightarrow M_{(s)}$	-0,56
$M^{3+}_{(aq)} + e \rightarrow M^{2+}_{(aq)}$	-0,41

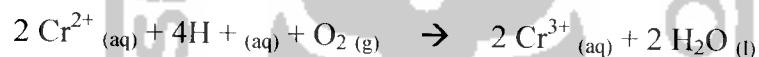
(Sumber : Achmad, H, 1992 kimia unsur dan radio kimia)

Dalam bidang industri kromium diperlukan dalam dua bentuk, yaitu kromium murni dan aliansi besi-kromium yang disebut ferokromium sedangkan logam kromium murni tidak pernah ditemukan di alam. Logam ini ditemukan dalam bentuk persenyawaan padat atau mineral dengan unsur-unsur lain. Sebagai bahan mineral kromium banyak ditemukan dalam bentuk *chromite* (FeOCr₂O₃). Kadang-kadang dalam bahan mineral *chromite* juga ditemukan logam-logam magnesium (mg), aluminium (Al) dan senyawa silikat (SiO₂). Logam-logam dan senyawa silikat tersebut dalam mineral *chromite* bukan merupakan penyusun *chromite*, tetapi berperan sebagai pengotor (*impurities*).

Berdasarkan sifat-sifat kimianya, logam kromium dalam persenyawaannya mempunyai bilangan oksidasi +2, +3 dan +6. logam ini tidak dapat teroksidasi oleh udara yang lembab, bahkan pada proses pemanasan, cairan logam teroksidasi

dalam jumlah yang sangat sedikit, tetapi dalam udara yang mengandung karbondioksida (CO_2) dalam konsentrasi tinggi logam Cr dapat mengalami peristiwa oksidasi dan membentuk Cr_2O_3 . kromium merupakan logam yang sangat mudah bereaksi. Logam ini secara langsung dapat bereaksi dengan hidrogen, karbon, silika dan boron. (Palar,1994)

Senyawa-senyawa yang dapat dibentuk oleh kromium mempunyai sifat yang berbeda-beda sesuai dengan valensi yang dimilikinya. Senyawa yang terbentuk dari logam Cr^{2+} akan bersifat basa, dalam larutan air kromium (II) adalah reduktor kuat dan mudah dioksidasi di udara menjadi senyawa kromium (III) dengan reaksi :



Senyawa yang terbentuk dari ion kromium (III) atau Cr^{3+} bersifat amforter dan merupakan ion yang paling stabil diantara kation logam transisi yang lainnya serta dalam larutan, ion ini terdapat sebagai $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ yang berwarna hijau. Senyawa yang terbentuk dari ion logam Cr^{6+} akan bersifat asam. Cr^{3+} dapat mengendap dalam bentuk hidroksida. Khrom hidroksida ini tidak terlarut dalam air pada kondisi pH optimal 8,5-9,5 tetapi akan melarut lebih tinggi pada kondisi pH rendah atau asam. Cr^{6+} sulit mengendap, sehingga dalam penanganannya diperlukan zat pereduksi dari Cr^{6+} menjadi Cr^{3+} . (Palar,1994)

Kromium dengan bilangan oksidasi +6 mudah membentuk senyawa oksidator dengan unsur lain karena memiliki sifat oksidasi yang kuat, maka Cr^{6+} mudah tereduksi menjadi Cr^{3+} dan kromium (IV) kebanyakan bersifat asam.

2.4.1. Khromium (Cr) dalam Lingkungan

Logam Cr dapat masuk ke dalam semua strata lingkungan, baik pada strata perairan, tanah maupun udara (lapisan atmosfer). Logam Cr yang masuk ke dalam strata lingkungan datang dari berbagai sumber, tetapi yang paling banyak adalah dari kegiatan-kegiatan perindustrian, rumah tangga dan pembakaran serta mobilisasi bahan bakar.

Masuknya Cr ke lapisan udara berasal dari pembakaran, mobilisasi batubara dan minyak bumi. Pada pembakaran batubara akan terlepas Cr sebesar 10 ppm ke udara, sedangkan dari pembakaran minyak bumi akan terlepas Cr sebesar 0,3 ppm. Keadaan ini dapat diartikan bahwa setiap tahunnya akan dilepas sebanyak 1400 ton Cr ke udara dari proses pembakaran batubara dan 50 ton Cr dari proses pembakaran minyak bumi. (Palar,1994)

Logam khrom (Cr) di udara ditemukan dalam bentuk debu dan partikulat, seperti logam-logam berat lainnya. Debu atau partikulat khrom dalam udara tersebut dapat masuk kedalam tubuh hewan ataupun manusia melalui pernafasan (*respirasi*). Partikel atau debu khrom yang terhirup manusia lewat rongga hidung, mengikuti jalur-jalur respirasi sampai ke paru-paru untuk kemudian berikatan dengan darah di paru-paru sebelum dibawa darah ke seluruh tubuh. (Palar,1994)

Logam khrom dalam perairan akan mengalami proses kimia seperti reaksi reduksi-oksidasi (redoks), yang dapat mengakibatkan terjadinya pengendapan tau sedimentasi logam khrom didasar perairan. Proses kimiawi yang berlangsung dalam badan air juga dapat mengakibatkan terjadinya reduksi dari senyawa-senyawa Cr^{6+} yang sangat beracun menjadi Cr^{3+} yang kurang beracun. Peristiwa

reduksi ini dapat berlangsung apabila kondisi air bersifat asam. Untuk perairan dengan kondisi basa, ion-ion Cr^{3+} akan mengendap di dasar perairan.

2.4.2. Kegunaan Khrom (Cr) Dalam Lingkungan

Khromium telah dimanfaatkan secara luas dalam kehidupan manusia. Dalam industri *metallurgy*, logam ini banyak digunakan dalam penyepuhan logam (*Chromium plating*) yang memberikan dua sifat, yaitu *dekoratif* dan sifat kekerasan yang mana *chromium plating* ini banyak digunakan pada bermacam-macam peralatan, mulai dari peralatan rumah tangga sampai ke alat transportasi (Breck, W. G and Brown, R. C, 1997).

Khromium dapat pula digunakan dalam alat penganalisa nafas, yang mana alat ini digunakan oleh polisi untuk menangkap peminum alkohol yang mengemudi mobil. Dalam bidang kesehatan, khromium dapat digunakan sebagai orthopedi, radioisotope khromium dalam bentuk Cr 51 yang dapat menghasilkan sinar gamma digunakan untuk penandaan sel-sel darah merah serta sebagai penjinak tumor tertentu (Palar,1994). Dalam industri kimia khrom digunakan sebagai :

1. Cat pigment (*dying*), dapat bewarna merah, kuning, orange dan hijau.
2. *Elektroplating (chrome plating)*
3. Penyamakan kulit
4. *Treatment woll*

Dari aktivitas atau kegiatan di atas merupakan kontributor/sumber utama terjadinya pencemaran khrom ke air dan limbah padat dari sisa proses penyamakan kulit juga dapat menjadi sumber kontaminasi air tanah.

2.4.3. Keracunan Khromium

Sebagai logam berat, Cr termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi. Daya racun yang dimiliki oleh logam Cr ditentukan oleh valensi ionnya. Logam Cr (VI) merupakan bentuk yang paling banyak dipelajari sifat racunnya, dibandingkan ion-ion Cr(II) dan Cr(III). Sifat racun yang dibawa logam ini juga dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan keracunan kronis.

Keracunan akut yang disebabkan oleh senyawa $K_3Cr_2O_7$ pada manusia ditandai dengan kecenderungan terjadinya pembengkakan pada hati. Tingkat keracunan Cr pada manusia diukur melalui kadar atau kandungan Cr dalam urine, kristal asam kromat yang sering digunakan sebagai obat untuk kulit, akan tetapi penggunaan senyawa tersebut seringkali mengakibatkan keracunan yang fatal. (Palar, 1994)

Dampak kelebihan Cr pada tubuh akan terjadi pada kulit, saluran pernafasan, ginjal dan hati. Efek pada kulit disebabkan karena asam kromit, dikromat dan Cr(VI) lain di samping iritan yang kuat juga.

Pengaruh terhadap pernapasan yaitu iritasi paru-paru akibat menghirup debu Cr dalam jangka panjang dan mempunyai efek juga terhadap iritasi kronis, polyp kronis. Gejala lain dari keracunan akut Cr(VI) adalah vertigo, haus, muntah, shock, koma dan mati. Kromium merupakan salah satu logam berat yang sangat beracun dan sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, karena dapat dengan cepat merusak protein.

Kontaminasi logam Kromium dapat terjadi melalui :

1. Penghisapan udara tercemar

Dengan menghisap udara yang tercemar khromium akan mengakibatkan peradangan dan kanker paru-paru. Pengaruh gangguan pada pernafasan, yaitu iritasi akibat menghirup debu khrom (Cr) dalam jangka panjang dan mempunyai efek juga terhadap iritasi kronis. Pada pekerja *chrome-planting* dan industri penyamakan kulit sering terjadi kasus luka pada *mocusa* hidung.

2. Kontak langsung

Bisul merupakan salah satu ciri luka yang diakibatkan oleh kontak dengan kromat pada kulit, dan luka akan membengkak bernanah selama beberapa minggu. Selain itu, karakter luka kontak dengan khromat dapat pula luka pada lubang hidung, lalu merambat ke selaput lendir sehingga saluran pernafasan akan terganggu.

3. Makanan dan minuman

Khromium yang masuk ke dalam jaringan tubuh melalui air minum akan tertimbun di lever, limpa dan ginjal secara bersamaan, dalam waktu yang panjang akan mengendap dan menimbulkan kanker (Palar, 1994).

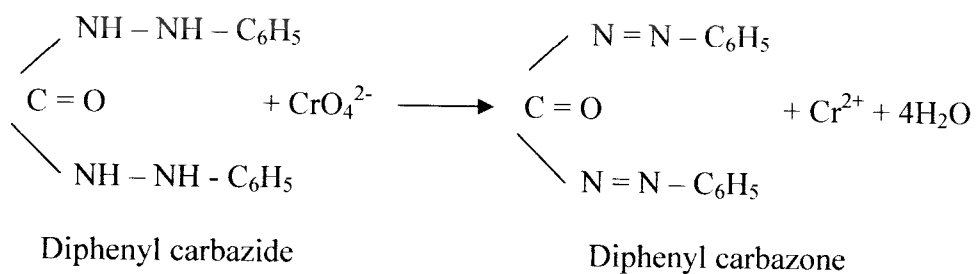
2.4.4. Prinsip Analisis Logam Khromium

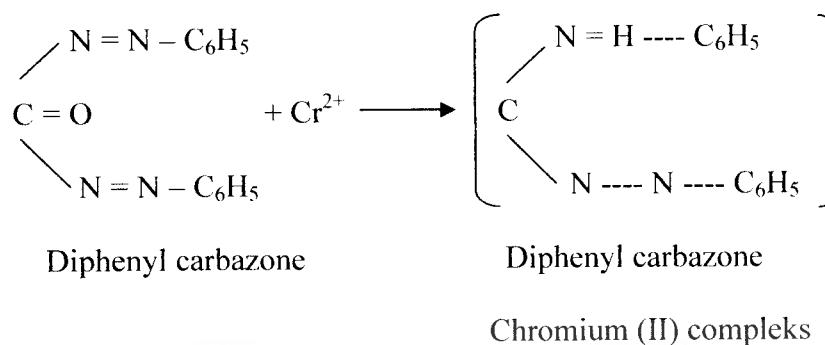
Khromium terdapat dalam beberapa susunan, baik dalam bentuk ion valensi 3 maupun valensi 6. Untuk mengenal sifat dari khromium mudah berubah dari khrom valensi 3 ke khrom valensi 6. Hal ini terbukti dari kebanyakan terjadi dalam khrom valensi 6 sebagai khromat (CrO_4^{-2}) dan dikhromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$). Sifat lain dari khrom adalah mengikat molekul air, sehingga di dalam industri sering

digunakan sebagai bahan campuran pendingin, hal ini bertujuan untuk mencegah korosi terhadap alat yang digunakan.

Khrom valensi 3 dapat mengendap dalam bentuk hidroksidanya. Pada khrom hidroksida ini tidak larut dalam air, optimalnya pada kondisi pH = 8,5 – 9,5. khrom hidroksida ini melarut lebih tinggi apabila kondisi pH rendah atau asam. Khrom valensi 6 ulit dalam pengendapannya, sehingga dalam penanannya diperlukan zat pereduksi, yaitu dari khrom valensi 6 menjadi valensi 3. mereduksi khrom valensi 6 menjadi valensi 3 pada cairan pH = 3 atau di bawahnya dengan asam sulfat (H₂SO₄). zat pereduksinya dapat digunakan sulfur dioksida, natrium bisulfit, meta bisulfit, hidro sulfit atau fero sulfit.

Didalam pengolahannya dilakukan secara bertahap, yaitu mereduksi khrom valensi 6 menjadi khrom valensi 3 dan kemudian pengendapan khrom dengan penambahan hidroksida dengan cara penaikan pH sampai di atas netral. Analisis logam khrom dalam air limbah dapat ditentukan dengan kolorimetri menggunakan spektrofotometer. Kemudian absorbansi diukur pada spektrofotometer, pada panjang gelombang 540 nm.





(Svehla, 1982)

2.5. Konsentrasi Ion Hidrogen (pH)

Konsentrasi ion hidrogen adalah ukuran kualitas dari air maupun dari air limbah. Adapun kadar yang baik adalah kadar di mana masih memungkinkan kehidupan biologis di dalam air berjalan dengan baik. Air limbah dengan konsentrasi air limbah yang tidak netral akan menyulitkan proses biologis, sehingga mengganggu proses penjernihannya. pH yang baik bagi air minum dan air limbah adalah netral (7). Semakin kecil nilai pH-nya, maka akan menyebabkan air tersebut berupa asam.

2.6. Penyamakan Kulit

Penyamakan kulit pada prinsipnya adalah upaya memasukkan bahan tertentu yang disebut penyamak ke dalam jaringan serat kulit, sehingga terjadi ikatan kimia antara bahan penyamak dengan serat kulit. Hal tersebut akan mengakibatkan sifat fisik kulit berubah menjadi lebih baik dibandingkan dengan kulit mentahnya. Sifat tersebut antara lain kelemasannya. Salah satu bahan

penyamak paling penting adalah garam khrom (Sarpphouse, 1971; Thornstesen, 1985; Wehling et al,1989).

Penyamakan khrom dimulai dengan pH rendah, atau keadaan asam, yaitu 2 s/d 3, proses penyamakan khrom biasanya memerlukan waktu 4 sampai 8 jam. Waktu tersebut bukanlah standar, tetapi masih tergantung tebal tipisnya kulit. Selesai proses penyamakan, kemasakan kulit diuji dengan air mendidih selama 2 menit untuk melihat pengerutannya. Jika pengerutannya kurang dari 10% maka kulit tersebut dianggap masak. (Iswahyuni dkk,2001). Limbah dari proses penyamakan khrom diketahui bersifat sangat asam, dengan nilai pH antara 2,6-3,2 dan berwarna kehijauan. Limbah ini juga mengandung khrom yang sangat tinggi.

2.6.1. Bahan baku proses penyamakan kulit

Menurut Anonim (2001) bahan baku proses penyamakan kulit terdiri dari :

1. Bahan baku utama : kulit sapi, domba, dll.
2. Bahan pendukung :
 - a. Garam dapur (NaCl)
 - b. Asam sulfat (H_2SO_4)
 - c. Anti septic dan fungisida
 - d. Kapur ($Ca(OH)_2$)
 - e. Bahan pencuci (Hostapol)
 - f. Soda kue ($NaHCO_3$)
 - g. Ammonium sulfide (Na_2S)
 - h. Natrium format (HCOOH)
 - i. Khrom oksida (Cr_2O_3)

- j. *Solvent* (pelarut)
- k. Sodium asetat

2.6.2. Bahan Penyamak Kulit

Bahan penyamak khrom merupakan bahan penyamak yang paling penting diantara bahan penyamak mineral seperti bahan penyamak aluminium dan bahan penyamak *zirconium*. Hal ini dikarenakan adanya sifat-sifat khusus yang dimiliki oleh bahan penyamak khrom yang berhubungan dengan struktur molekul atom khrom itu sendiri. Ada dua valensi atom khrom yang dikenal dalam penyamakan kulit yaitu khrom bervalensi 6^+ (Cr^{6+}) dan khrom yang bervalensi 3^+ (Cr^{3+}). Khrom dengan valensi 6^+ tidak mempunyai kemampuan untuk bereaksi atau penyamakan kulit sebelum direduksi menjadi khrom bervalensi 3^+ .

Bahan penyamak khrom yang digunakan adalah garam yang mengandung atom-atom yang bervalensi +3 (garam khrom trivalen) sebagai chromium oksida (Cr_2O_3) di pasaran kadarnya 25%. Garam yang trivalen ini dapat membentuk ikatan dengan asam-asam amino cabang dalam struktur protein yang reaktif (Purnomo, 1994). Terjadinya ikatan antara bahan penyamak khrom dalam hal ini khrom bervalensi 3^+ dengan protein kulit adalah melalui jembatan gugus-gugus hidroksida (OH). Jika gugus hidroksida (OH) berikatan dengan atom bervalensi 3^+ (Cr^{3+}) serta berikatan dengan gugus asam amino sehingga merupakan jembatan.

Jembatan-jembatan yang terbentuk ini disebut juga ikatan silang (*cross linked*). Ikatan silang yang terbentuk selama penyamakan yang menyebabkan kulit mentah berubah sifatnya menjadi kulit termasak dengan sifat-sifat tertentu baik secara fisika maupun kimia. Jika dibanding dengan khrom yang bervalensi 6^+

(Cr^{6+}) dengan khrom yang bervalensi 3^+ (Cr^{3+}), maka khrom yang bervalensi 3^+ lebih bersifat stabil dan mudah terdispersi didalam air.

Bahan untuk penyamakan kulit terbagi menjadi empat golongan besar, yaitu :

1. Bahan penyamak nabati

Adalah bahan penyamak yang berasal dari tumbuh-tumbuhan baik kulit kayu, buah atau daun-daun seperti : kulit kayu, pinang, mahoni, dll.

2. Bahan penyamak sintesis

Adalah bahan penyamak yang terdiri dari bahan-bahan phenol yang telah dibesarkan molekulnya dengan melebihi kondensasi dan sulfonasi. Dalam perdagangan telah merupakan bahan penyamak yang siap dipakai dengan nama antara lain : irgantone, tanigan, dll yang mana jenis ini banyak digunakan untuk penyamakan kulit reptil yang membutuhkan warna asli dari kulit tersebut.

3. Bahan penyamak minyak

Adalah bahan yang biasanya berasal dari minyak ikan hiu atau lainnya, yang dalam perdagangannya disebut minyak ikan kasar.

4. Bahan penyamak khrom

Adalah bahan penyamak khrom dengan dua valensi atom khrom, yaitu valensi +3 dan valensi +6. bahan ini digunakan untuk menyamak jaket, kulit box, dsb. Bahan penyamak khrom dalam perdagangan dikenal dengan *chromium powder*, *chrom alunin*, dsb.

2.6.3. Proses Penyamakan Kulit

Kulit binatang terdiri dari sejumlah protein kompleks yang berbeda. Kulit binatang dapat diklasifikasikan menjadi 3 bagian : epidermis, derma/korium dan daging. Epidermis merupakan lapisan kulit terluar dan sebagian besar terdiri dari protein karatin. Derma atau korium adalah bagian pembentuk kulit tersamak dan mengandung keratin. Daging merupakan lapisan tipis dan sebagian besar terdiri dari jaringan adipose.

Proses yang terpenting dalam penyamakan kulit adalah :

1. Pemeliharaan Kulit

Kulit dapat membusuk dengan cepat, oleh karena itu beberapa metode pemeliharaan telah digunakan untuk menahan aksi bakteri dan disintegrasi bagian-bagian kulit, antara lain dengan menggunakan garam natrium sulfat. Metode ini memerlukan waktu 3-4 minggu pada suhu 13⁰C. Kulit kehilangan kelembaban karena dehidrasi dan bertambah berat melalui adsorpsi garam. Metode pemeliharaan yang lain adalah penyaringan udara dan kombinasi penggaraman dan pengeringan udara.

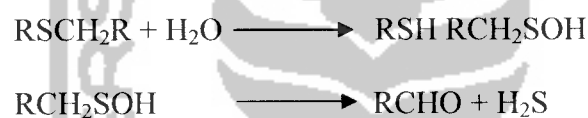
2. Preparasi Kulit untuk Penyamakan

Langkah pertama proses penyamakan adalah pemeriksaan kerusakan-kerusakan kulit karena kotoran, garam, pencucian dan perendaman. Pencucian dan perendaman kulit merupakan langkah yang cukup penting. Sejumlah natrium polisulfida dan zat aktif permukaan ditambahkan untuk mempercepat perendaman. Perendaman kulit yang baik mengandung lebih kurang 65% air.

3. Pengapuran

Pengapuran berat pelepasan dan penghilangan jaringan epidermis dan rambut pada kulit. Kulit diamati dengan visual secara bersamaan dan diletakkan dalam wadah yang mengandung air 10% berat kulit dalam kapur dan 2% berat kapur dalam natrium sulfida yang berperan sebagai zat pemercepat. Epidermis dan rambut sebagian besar disusu oleh keratin. Keratin merupakan protein yang mengandung residu. Sistem yang mudah diserang oleh alkali. Kapur menyerang rantai disulfide dalam kerati dan melunakkan rambut serat memindahkan epidermis.

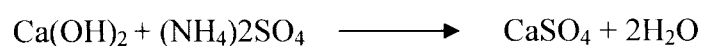
Reaksinya adalah sebagai berikut :



Setelah mengalami pengapuran, kulit biasanya dimasukkan kedalam air hangat untuk menyusutkan dan memudahkan penghilangan rambut dan epidermis.

4. Penghilangan Kapur

Proses penghilangan kapur dilakukan untuk memurnikan pH kulit. Larutan yang digunakan pada proses ini adalah amonium sulfat karena larutan tersebut mampu menahan penurunan pH secara drastis sehingga dapat mengurangi pengembangan kulit akibat penurunan pH. Dalam proses ini dihasilkan amoniak sebagai produk sampingannya.

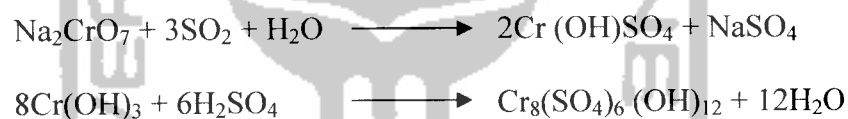


Proses selanjutnya adalah pengikisan protein dengan menggunakan amonium sulfat untuk menghilangkan sisa-sisa akar bulu, pigmen, lemak

dan kapur. Untuk menghentikan pengikisan protein, menghilangkan flek-flek kulit, penyesuaian pH kulit dan pH penyamakan dilakukan proses pengemasan kulit dengan menggunakan asam asetat, asam oksalat atau asam sulfat.

5. Penyamakan Kulit

Proses penyamakan kulit ada dua macam yaitu penyamakan nabati dan khrom. Penyamakan khrom biasanya dibagi dalam dua proses. Proses pertama menggunakan khrom, asam sulfat dan proses kedua menggunakan natrium bikarbonat. Larutan khrom untuk proses pertama bioasanya diperoleh dari reduksi natrium bikarbonat dengan penambahan perlahan-lahan larutan glukosa atau SO_2 sampai reduksi berlangsung sempurna.



Secara umum proses penyamakan kulit ada 4 macam, yaitu :

a. Penyamakan nabati

Proses ini menggunakan penyamakan yang berasal dari tumbuh-tumbuhan proses yang dijalankan terutama kulitnya yang tebal.

b. Penyamakan khrom

Proses ini menggunakan bahan penyamak dari senyawa khrom dan dijalankan untuk kulit yang tipis.

c. Penyamakan sintesis

Bahan yang digunakan adalah zat-zat penyama dari sintesis, dijalankan untuk kulit binatang melata (reptil)

d. Penyamakan minyak

Proses ini digunakan bahan-bahan penyamak minyak, dijalankan bila diinginkan kulit tahan air.

Dalam melaksanakan proses penyamakan, ada beberapa tahapan-tahapan tersebut untuk tipe/jenis kulit akan berbeda tergantung dari kulit tersamak yang diinginkan. Selain pertimbangan-pertimbangan ekonomi termasuk pula pertimbangan-pertimbangan tipe bahan dasar kulit mentah, obat-obatan yang digunakan dan penggunaan hasil akhir dari kulit tersamak. Adapun proses-proses penyamakan meliputi :

a. Pengawetan

Pengawetan dilakukan untuk pengawetan sementara agar kulit tidak busuk dengan garam dapur (NaCl).

b. Perendaman atau *soaking*

Kulit dalam keadaan basah dimasukkan kedalam larutan perendam yang berisi air deterjen sebanyak 0,3% sampai 1% dari berat kulit. Kemudian didiamkan selama 24 jam untuk menghilangkan garam dan mengembalikan kadar air pada kulit sehingga dapat dengan mudah diproses.

c. Pengapuran (*Liming*)

Kulit yang sudah direndam kemudian dicuci dan dimasukkan ke dalam drum yang berisi larutan antara lain Natrium sulfat (Na_2S) sebanyak 5% dari berat kulit, Kapur tohor ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) sebanyak 6% dari berat kulit. Kemudian drum yang berisi kulit serta larutan tersebut diputar selama 1

jam untuk merontokkan bulu dan membuang lapisan kulit yang paling atas.

d. Pembuangan Daging (*Flesting*)

Flesting ini bertujuan untuk membuang sisa daging yang masih melekat pada kulit. Caranya daging pada kulit dihilangkan dengan mesin pembuang daging. Pada proses ini terjadi penurunan berat kulit 20% dari berat semula.

e. Pengapuran Ulang

Caranya kulit direndam larutan yang terdiri dari air dan larutan kapur sebanyak 20% dari berat kulit selama 10 jam dengan maksud menyempurnakan bulu-bulu halus.

f. Pembelahan (*Splitting*)

Kulit yang sudah bersih dari daging yang melekat dibelah menjadi dua bagian dengan menggunakan mesin pembelah daging. Pembelahan ini dilakukan untuk meratakan ketebalan kulit.

g. Pengasaman (*Picking*)

Pengasaman dilakukan dengan memasukkan kulit ke dalam drum yang berisi air, garam dapur (NaCl) sebanyak 15% dari berat kulit serta asam sulfat (H_2SO_4) sebanyak 1% dari berat kulit kemudian diputar selama 10 jam. Pada proses ini terjadi penurunan berat kulit sebanyak 10% dari berat kulit semula. Pengasaman ini bertujuan agar kulit dapat menyesuaikan dengan pH bahan penyamak dan untuk mengawetkan kulit serta menyeleksi baik buruknya kulit.

h. Penyamakan (*Tanning*)

Proses selanjutnya adalah penyamakan, dimaksudkan untuk mengubah kulit mentah yang bersifat stabil terhadap pengaruh mikroorganisme dan pengaruh alam lainnya. Proses penyamakan ini dikerjakan dalam drum yang berisi larutan air, khrom oksida (Cr_2O_3) sebanyak 7% sampai 8% dari berat kulit setelah pengasaman, sodium format (HCOONa) sebanyak 1% dari berat kulit. Kemudian drum tersebut diputar selama 8 jam sampai kulit yang diputar bewarna biru.

i. Pengecatan (*Drying*)

Proses ini dilakukan setelah proses pemerahan, pengetaman, pencucian, pengecatan dasar. Tujuannya adalah memberikan warna terhadap kulit sesuai dengan yang diinginkan.

j. Perataan Permukaan (*Setting out*)

Proses ini menghaluskan permukaan dan mengeluarkan air, dengan demikian kulit siap disempurnakan dalam finishing. Pemerahan dan penghalusan permukaan ini dengan menggunakan mesin (*setting out machine*).

k. Pengeringan (*Hanging/Drying*)

Proses ini dilakukan dalam mesin pengering atau digantung dalam ruangan pengeringan, maksudnya agar kulit kering.

l. Pelelasan Awal (*Milling*)

Proses ini dilakukan untuk pelelasan awal. Dilakukan dalam drum yang tanpa diberi apapun.

m. Peregangan (*Staking*)

Proses ini untuk melemaskan kulit, dengan mesin perenggang (*staking tangan/staking wheel* atau *vibrator staking machine*).

n. Pementangan (*Togghing*)

Untuk membuka kulit, membuat pit, menambah luas dan ukuran simetris, dilakukan dengan mesin tangle.

o. Pengerjaan Akhir (*Spraying/Finishing*)

Proses ini bertujuan untuk memberi tampilan warna yang dikehendaki sehingga tampak menarik. Proses ini dikerjakan dengan spray tangan.

Limbah yang ditimbulkan dari proses penyamakan kulit terjadi dari hasil proses reduksi yang bahan-bahannya merupakan zat-zat kimia. Dengan demikian limbahnya merupakan limbah kimia yang harus diolah lebih dahulu sebelum dibuang keperairan.

2.6.4. Limbah Industri Penyamakan Kulit

Limbah industri penyamakan kulit digolongkan menjadi dua kelompok, yaitu: limbah padat dan limbah cair. Untuk limbah cair dihasilkan oleh proses penyamakan kulit diantaranya air kotor yang berasal dari perendaman amoniak, bekas cuci kulit, tetesan serta tumpahan. Parameter-parameter yang digunakan untuk mendefinisikan daya pencemar dari kegiatan penyamakan kulit meliputi BOD, COD, TSS, Chrom total, Nitrogen total, Sulfida, Minyak dan lemak serta pH. Sedangkan untuk limbah padat dihasilkan dari proses penyembelihan hewan, bulu, sisa-sisa bahan organik, kulit kayu untuk penyamakan serta lumpur dari hasil pengolahan limbah.

2.6.5. Sumber Limbah Industri Penyamakan Kulit

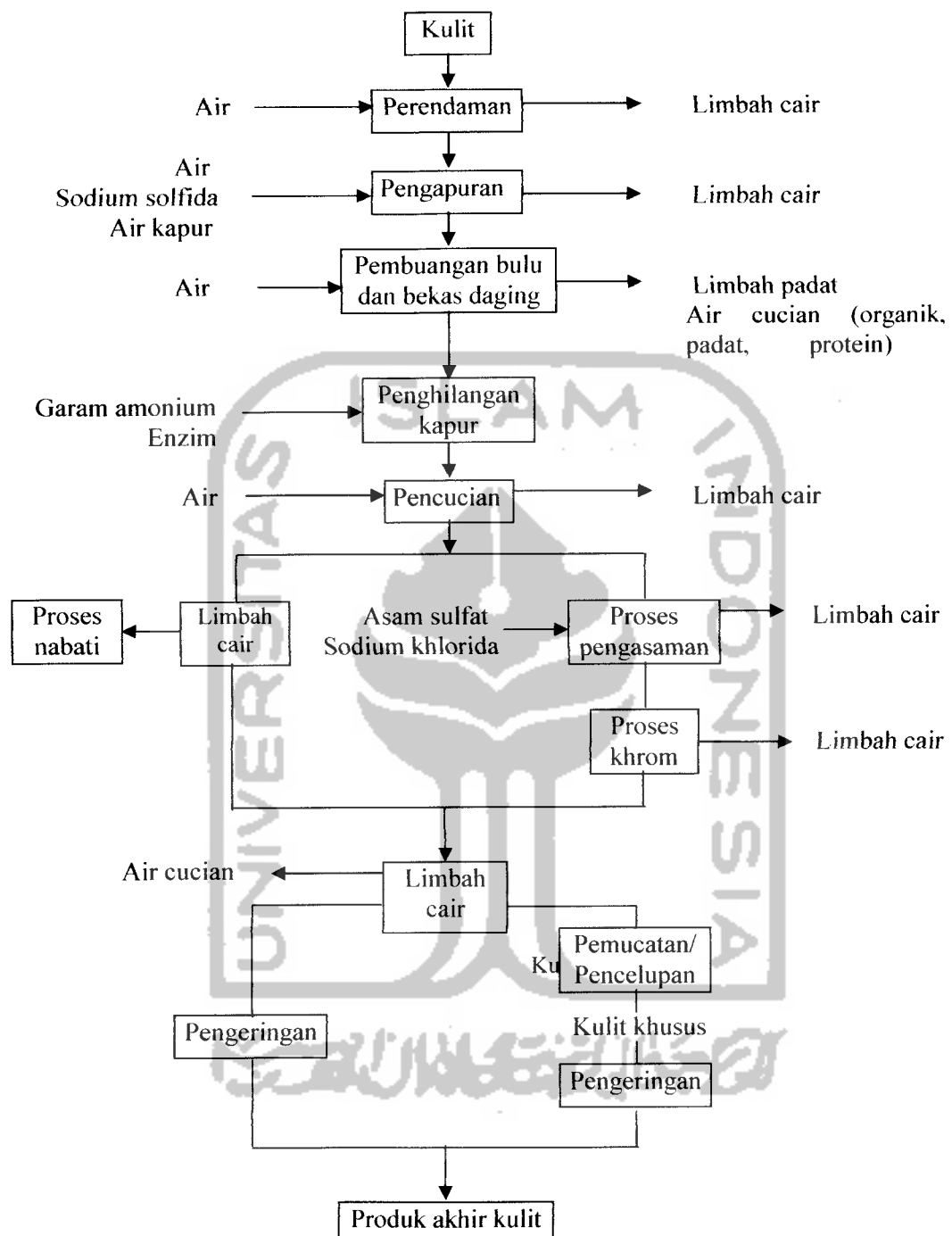
Sumber limbah cair maupun limbah padat industri penyamakan kulit berasal dari larutan yang digunakan pada unit pemrosesan yaitu : perendaman air, perendaman bulu, pemberian bubuk kapur, perendaman dengan ammonia, pengasaman, penyamak, pemucatan sampai penghilangan warna. Penghilangan bulu menggunakan kapur dan sulfide merupakan penyumbang /kontributor terbesar beban pencemar pada industri penyamakan kulit. Menurut Oetoyo (1981) sumber dan jenis buangan industri penyamakan kulit yang ada adalah :

Tabel 2.2 : Sumber dan jenis buangan industri penyamakan kulit

Proses	Jenis Buangan
Perendaman	Detergen, Antiseptik, NaCl
Pengapuran bulu	Bulu, Protein, Ca(OH) ₂ , Sulfat
Pembuangan kapur	Asam format (HCOOH), NaCl
Pengasaman	H ₂ SO ₄ , NaCl, HCOOH
Penyamakan	Cr, HCOON, Natrium bikarbonat

(Sumber : Oetoyo, etal “ Pola Penangan Limbah Industri Penyamakan Kulit Karet dan Plastik “, Yogyakarta).

Selain limbah cair dari industri penyamakan kulit juga dihasilkan limbah padat, diantaranya bulu, daging, serta darah. Sebagian besar limbah padat lainnya meliputi sisa-sisa bahan organik, total nabati dan kulit kayu untuk penyamakan, lumpur dari pengolahan limbah. Untuk lebih jelasnya mengenai sumber air limbah industri penyamakan kulit dapat dilihat pada Gambar 2.1 sebagai berikut :



Gambar 2.1. Skema Proses Penyamakan Kulit Dan Sumber Limbah Yang Dikeluarkan.
(Sumber : Anonim, *Limbah Cair Berbagai Industri*, 1994)

2.6.6. Karakteristik Limbah Industri Penyamakan Kulit

Untuk mengetahui karakteristik limbah harus mengetahui terlebih dahulu bahan-bahan yang digunakan dalam proses penyamakan kulit. Adapun bahan-bahan yang digunakan sebagai berikut :

1. Bahan penyamak

Ada dua bahan penyamak yang digunakan :

a. Bahan penyamak mineral

Bahan penyamak mineral yang banyak dipakai adalah bahan penyamak khrom.

b. Bahan penyamak nabati

Bahan penyamak yang berasal dari tumbuh-tumbuhan.

2. Bahan pembantu

a. Air, merupakan bahan pembantu yang banyak digunakan dalam proses.

b. Antiseptik, digunakan dalam proses perendaman.

c. Pengapuran, untuk menghindari kulit dari perusakan bakteri.

d. *Wetting Agent*, digunakan dalam proses pengapuran.

e. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan Na_2S digunakan untuk proses pengapuran.

f. H_2SO_4 , HCL, HCOOH, digunakan pada proses pembuangan kapur, pengasaman kulit, fiksasi dan proses penggemukan kulit serta pemucatan kulit samak nabati.

g. NaCL, digunakan dalam proses penyamakan dan pengawetan sebelum diproses.

- h. NH_2CO_3 dan NaHCO_3 , digunakan dalam proses netralisasi pada kulit yang disamakkan dengan bahan penyamak Cr.
- i. Deekaltal, untuk proses pembuangan kapur.
- j. Oropon, untuk membuka pori-pori.
- k. Cat dasar, berfungsi untuk memberi warna pada kulit yang sudah termasak.
- l. Minyak/gemuk untuk melemaskan kulit.
- m. Perekat, memberi daya rekat larutan cat tutup nerf kulit yang akan dihasilkan.
- n. Pelunak, untuk memberi sifat lunak pada larutan cat tutup agar tidak pecah sebelum kering.
- o. Brilliant, untuk memberi sifat mengkilat pada cat tutup.

Ditinjau dari bahan baku pembantu yang digunakan dalam industri penyamakan kulit, maka limbahnya mempunyai karakteristik yang bersifat bau anyir dan bau busuk dari proses perendaman, akibat pembusukan daging dan gas hidrogen sulfida yang berasal dari natrium sulfida. Sedangkan zat asam berasal dari proses pengasaman sampai terakhir bewarna hijau kebiru-biruan yang menandakan adanya khrom. Hal ini menjadikan zat padat tersuspensi tinggi (Anonim, 1984).

2.7. Prinsip-Prinsip Fitoremediasi

Istilah fitoremediasi berasal dari kata inggris *phytoremediation*, kata ini sendiri tersusun atas dua bagian kata yaitu *phyto* yang berasal dari kata yunani *phyton* yang berarti tumbuhan atau tanaman (*plant*) dan *remediation* yang berasal

dari kata latin *remediaum* yaitu memperbaiki atau menyembuhkan atau membersihkan sesuatu dalam hal ini berarti juga menyelesaikan masalah dengan cara memperbaiki kesalahan atau kekurangan.

Dengan demikian fitoremediasi merupakan suatu sistem di mana tanaman tertentu yang bekerjasama dengan mikroorganisme dalam media (tanah, koral dan air) dapat mengubah zat kontaminan (pencemar/polutan) menjadi kurang/tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi. Atau bisa didefinisikan juga sebagai penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan, atau menghancurkan bahan pencemar, baik senyawa organik maupun senyawa anorganik.

Proses dalam sistem ini berlangsung secara alami dengan enam tahap secara serial yang dilakukan tumbuhan terhadap zat kontaminan/pencemar yang berada di sekitarnya, yaitu :

1. *Phytoaccumulation (Phytoextraction)*

Yaitu proses tumbuhan menarik zat kontaminan dari media sehingga berakumulasi di sekitar akar tumbuhan, proses ini disebut *Hyperaccumulation*.

2. *Rhizofiltration (Rhizo = akar)*

Adalah proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar untuk menempel pada akar. Proses ini telah dibuktikan dengan percobaan menanam bunga matahari pada kolam mengandung zat radioaktif di Chernobyl Ukraina.

3. *Phytostabilization*

Yaitu penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap ke dalam batang tumbuhan. Zat-zat tersebut menempel erat (stabil) pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air pada media.

4. *Rhizodegradation*

Disebut juga *enhanced rhizosphere biodegradation, or plant-assisted bioremediation degradation*, yaitu penguraian zat-zat kontaminan oleh aktivitas mikroba yang berada di sekitar akar tumbuhan misalnya ragi, fungi dan bakteri.

5. *Phytodegradation (Phytotransformation)*

Yaitu proses yang dilakukan tumbuhan untuk menguraikan zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul yang kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan susunan molekul yang lebih sederhana yang dapat berguna bagi pertumbuhan tumbuhan itu sendiri. Proses ini dapat berlangsung pada daun, batang, akar atau di luar sekitar akar dengan bantuan enzim yang dikeluarkan oleh tumbuhan itu sendiri. Beberapa tumbuhan mengeluarkan enzim berupa bahan kimia yang mempercepat proses degradasi.

6. *Phytovolatilization*

Yaitu proses menarik dan transpirasi zat kontaminan oleh tumbuhan dalam bentuk yang telah menjadi larutan terurai sebagai bahan yang tidak berbahaya lagi untuk selanjutnya diuapkan ke atmosfer.

2.8. Tanaman Air Yang Digunakan Dalam Fitoremediasi

Tanaman air adalah tanaman yang tumbuh subur di dalam badan air, yang kadang dapat menimbulkan masalah jika pertumbuhannya cepat dan banyak. Tanaman ini dapat mengotori saluran-saluran air sehingga mengurangi potensi penggunaan suatu mata air.

2.8.1. Tanaman Kiapu (*Pistia Stratiotes*)

Kiapu merupakan tumbuhan air yang mengambang di permukaan air dan jenis tanaman daerah tropis. Tanaman kiapu juga digolongkan atau dikelompokkan ke dalam gulma air, baik di sawah-sawah maupun di perairan lainnya. Gulma ini dapat menyebabkan gangguan tumbuhan padi akibat adanya kompetisi pengambilan unsur-unsur hara.

Pertumbuhan tanaman ini tidak dikehendaki oleh para petani karena dianggap dapat menghambat pertumbuhan padi dan dapat mengurangi hasil panennya, sehingga biasanya dibuang begitu saja oleh para petani dan kadang-kadang tanaman Kiapu ditanam di dalam kolam ikan.

Morse (2002) menyebutkan bahwa Kiapu mempunyai kedudukan taksonomi sebagai berikut :

Division	: <i>Spermatophyta</i>
Kelas	: <i>Monokotyledoneae</i>
Ordo	: <i>Aricales</i>
Famili	: <i>Araceae</i>
Genus	: <i>Pistia</i>
Spesies	: <i>Pistia stratiotes</i>

Nama familia : *Araceae*

Nama local : Kayu apu (Indonesia), Ki apu (Jawa), *Water lettuce tropical duck weed* (Inggris)

Diskripsi :

Perawakan : Herba mengapung, diameter dapat mencapai 6 inch.

Akar : Serabut dan menggantung di badan air, mempunyai banyak rambut-rambut akar, bewarna putih kehujauan.

Daun : Tunggal, letak lebar, bentuk helaian daun bervariasi, bentuk pasak, sudip atau lidah. Ukuran daunnya 7 – 10 cm dengan lebar 2 – 5 cm. Umumnya bentuk pasak, panjang dan meruncing tepi rata atau bertoreh, ujung membulat, pertulangan sejajar, warna hijau, mempunyai alat tumbuh beberapa papilla di kedua permukaan, terutama bawah bagian basal.

Bunga : Susunan bunga majemuk tongkol (Spadix), terletak di ketiak daun (Aksiler), panjang dapat mencapai ½ inch, jauh lebih pendek dari daun, bunga dilindungi selundang (spatha) warna hijau kekuningan dan berambut, spadik lebih pendek dan sebagian berdekatan dengan spatha pada bagian basal, dengan satu bunga betina di bagian bawah 2-8 bunga jantan di bagian atas, bunga *unisexual* (berkelamin satu) berumah satu (alat kelamin jantan dan betina terdapat pada 1 individu tanaman), tidak mempunyai perhiasan bunga (bunga telanjang), bunga

jantan dengan dua stamen, bunga betina mempunyai ovarium bentuk tabung.

Asal-usul : Berasal dari daerah spatropikal tersebar di eluruh daerah tropis dan sub tropis.

Habitat : Makrofit air tawar, mengapung bebas, tak terpancang di tanah.

Distribusi : Air tawar yang tenang atau berarus seperti sawah atau danau.

Perkembangan : Penyerbukan terutama dibantu serangga, berkembang biak mengandalkan cara vegetatif yaitu geragih (stolon), sering dikelompokka dalam gulma air karena kemampuan pertumbuhan sangat cepat, cepat berbunga terutama pada cuaca sangat panas tetapi kadang-kadang berbunga sepanjang tahun.

Manfaat : Dipercaya oleh beberapa orang mempunyai khasiat pelembut dan penyejuk, menjadi obat yang baik untuk disentri dan haematurie atau kemih berdarah. Di India juga digunakan untuk antiseptic, insektisida dan obat asma. Kemanpuan tumbuhan untuk mencengkram Lumpur dengan berkas-berkas akarnya kadang-kadang dimanfaatkan juga dalam pembersihan air sungai yang sangat kotor, untuk maksud-maksud industrial dengan cara menanamnya pada kolam-kolam pengendapan.

Tumbuhan ini juga banyak ditanam di kolam ikan untuk pakan ikan dan bebek.

A. Syarat Hidup Tanaman Kiapu

Tanaman Kiapu merupakan kelompok gulma air yang memiliki syarat hidup sebagai berikut :

1. Hidup pada daerah tropis
2. Hidup dari daratan rendah sampai pegunungan dengan ketinggian 1600 meter di atas permukaan laut.
3. Hidup pada suhu 22°C - 30°C .
4. Hidup pada air tawar yang menggenang atau mengalir lambat.

B. Keunggulan Tanaman Kiapu

Tanaman Kiapu mempunyai keunggulan seperti :

1. Daya berkecambah tinggi
2. Tahan terhadap gangguan tempat hidup
3. Pertumbuhan cepat
4. Tidak peka terhadap sinar matahari
5. Tingkat absorpsi/penyerapan unsur hara dan air yang besar
6. Daya adaptasi yang tinggi terhadap musim

C. Fisiologi Tanaman Kiapu

1. Proses fotosintesis

Proses fotosintesis merupakan kemampuan tumbuhan untuk menggunakan zat karbon dari udara untuk diubah menjadi bahan organik serta diasimilasikan di dalam tubuh tanaman. Peristiwa ini hanya berlangsung

jika ada cukup cahaya. Pada proses foto sintesis, zat-zat organik H_2O dan CO_2 oleh klorofil diubah menjadi zat organik karbohidrat dengan pertolongan sinar matahari.

2. Proses transpirasi

Transpirasi adalah proses penguapan air yang terjadi pada makhluk hidup terutama pada tumbuhan. Tumbuhan mutlak melakukan transpirasi, karena proses transpirasi selalu berkaitan dengan unsur hara. Dalam proses transpirasi ini dipengaruhi oleh banyak faktor, baik faktor luar maupun faktor dalam.

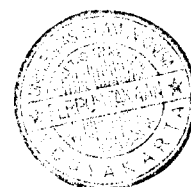
Faktor-faktor dalam adalah besar kecilnya daun, tebal-tipisnya daun, berlapisnya lilin atau tidaknya permukaan daun, banyak-sedikitnya bulu pada permukaan daun, banyak-sedikitnya stomata serta bentuk dan lokasi stomata. Sedangkan faktor-faktor luar seperti radiasi, temperatur, kelembapan udara, tekanan udara, angin dan keberadaan air di dalam tanah.

3. Proses respirasi

Respirasi yaitu proses pembongkaran di mana energi yang disimpan ditimbulkan kembali untuk menyelenggarakan proses-proses kehidupan.

4. Pengangkutan unsur hara

Dalam proses pengangkutan unsur hara dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah pengangkutan secara horizontal yang dilakukan oleh jaringan yang ada dalam tumbuhan. Jaringan tumbuhan yang melakukan pekerjaan tersebut adalah korteks, bulu-bulu akar dan akhirnya sampai di pembuluh kayu (*xylem*).



Pengangkutan tahap kedua dilakukan secara vertical, yaitu pengangkutan unsur hara dari bawah ke atas. Dalam pengangkutan secara vertikal dikenal beberapa teori, yaitu:

1. Teori vital, teori yang mengemukakan bahwa pengangkutan unsur hara dan air dimula dari bawah ke atas (secara vertikal) oleh tumbuhan yang bersangkutan dan dilakukan karena adanya pertolongan sel-sel hidup.
2. Teori adhesi, teori yang menyatakan bahwa air dan unsur hara dapat terangkut ke atas karena adanya gaya tarik-menarik antara molekul-molekul air yang terdapat pada tumbuhan tersebut.
3. Teori kapilaritas, teori pengangkutan yang menyatakan bahwa air dan unsure hara yang terdapat di dalamnya akan tersangkut ke atas dikarenakan adanya gaya tarik-menarik antara molekul air yang terdapat dalam dinding *xylem* tumbuhan. (Dwijoseputro,1992)

2.9. Mekanisme Penyerapan Logam Oleh Tanaman

Semua tanaman mempunyai kemampuan mekanisme penyerapan yang memungkinkan pergerakan ion menembus membran sel, terutama nitrat dan ammonium, fosfat, K, Ca, sulfat, Mg, Mn, Fe, Co, Bo, Cl, Zn dan Mo. Tambahan pula kisaran amat luas dari unsur lain dari yang berlimpah Al, Na, sampai unsure yang tersembunyi seperti zirkon titanium dan unsur – unsur yang sama diakumulasi oleh tanaman.

Terdapat dua sifat pengambilan tanaman yaitu faktor konsentrasi, di mana kemampuan tanaman untuk mengakumulasi ion sampai satu konsentrasi yang kadang – kadang beberapa tingkat lebih besar dari pada dalam medium, dan faktor

perbedaan kuantitatif yang ada diantara spesies tanaman dan kebutuhan terhadap hara yang berbeda. (Fither dan Hay, 1992)

Seluruh substansi yang terdapat dalam larutan pada tanah atau benda air, diserap oleh akar tumbuhan seperti layaknya spon menyerap suatu cairan dan apa-apa yang terkandung didalamnya tanpa seleksi. Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga proses yang sinambung, yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tubuh lain, dan lokasi logam pada bagian tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut.

Penyerapan logam berat oleh tumbuhan akuatik menimbulkan keuntungan dan kerugian, antara lain :

- a. Proses absorpsi merupakan keuntungan karena pengambilan logam-logam berat karena ekstraksi lebih mudah dilakukan oleh tumbuhan.
- b. Proses absorpsi merupakan hal yang merugikan apabila logam-logam tersebut terbawa kedalam rantai makanan hewan dan manusia.

(Tjitrosoedirdjo dan Sastroutomo, 1985)

A. Penyerapan Oleh Akar

Pada umumnya tumbuhan akan menyerap unsur hara yang larut dalam air maupun dari tanah melalui akar-akarnya. Terdapat dua cara penyerapan ion ke dalam akar tanaman, yaitu :

1. Aliran massa, ion dalam air bergerak menuju akar ke gradien potenseial yang disebabkan oleh transpirasi.
2. Difusi, gradien konsentrasi dihasilkan oleh pengambilan ion pada permukaan akar. (Fitter dan Hay, 1991)

Berdasarkan komponen yang diserap oleh Kiapu dari limbah cair maka penyerapan tersebut dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

1. Penyerapan nutrient

Beberapa faktor yang secara potensial berpengaruh terhadap penyerapan nutrient adalah sejumlah variabel konsentrasi nutrient dalam jaringan dan tersedianya nutrient. Demikian juga tentang umur tanaman, tempat, musim dan posisi tumbuhannya.

2. Penyerapan logam berat

Analisa jaringan tanaman dari sumber yang berbeda menunjukkan bahwa kiapu mengakumulasi beberapa macam logam berat dari lingkungan seperti halnya : Fe, Mn, Zn dan Cu. Kecepatan dan banyaknya penyerapan unsur dari dalam air oleh tanaman Kiapu dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain jenis zat yang tercampur, unsur dan ukuran tanaman.

B. Translokasi di dalam tubuh tumbuhan

Setelah logam dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam harus diangkut melalui jaringan pengangkut, yaitu xylem dan floem ke bagian tumbuhan lain. Untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan, logam diikat oleh molekul khelat. Beragai molekul khelat yang berfungsi untuk mengikat loga dihasilkan oleh tumbuhan.

C. Lokasi logam pada tumbuhan

Untuk mencegah keracunan logam terhadap sel, tumbuhan mempunyai mekanisme detoksifikasi. Misalnya dengan penimbunan logam di dalam organ tertentu seperti akar.

2.10. Hipotesa

Berdasarkan tujuan maka dapat dikemukakan sebagai berikut :

1. Fitoremediasi dengan menggunakan tanaman Kiapu dapat menurunkan kandungan khrom.
2. Konsentrasi awal logam Cr dan waktu kontak berpengaruh terhadap kemampuan penyerapan Kiapu pada logam tersebut.
3. Terjadi akumulasi logam Cr pada morfologi tanaman Kiapu (akar dan daun).
4. Kapasitas serapan logam terbanyak terdapat di akar.

