

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penyamakan Kulit

Penyamakan kulit pada prinsipnya adalah upaya memasukkan bahan tertentu yang disebut penyamak kedalam 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 krom (Sarpthouse, 1971; Thornstesen, 1985; Wehling et al., 1989).

Penyamakan krom dimulai dengan pH rendah 2 - 3, atau keadaan asam. Proses penyamakan krom biasanya memerlukan waktu 4 sampai 8 jam. Waktu tersebut bukanlah standar, tetapi masih tergantung pada 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)

Kandungan kromium sebagai kromium total (Cr) dalam air bekas *tanning*/penyamakan krom berkisar 1500-5000 mg/l dan pada air bekas proses rekroming berkisar 500-1500 mg/l (Suliestiyah Wrd., 2002). Limbah dari proses penyamakan krom diketahui bersifat sangat asam, dengan nilai pH antara 2,6-5,2 dan berwarna kehijauan. Limbah ini mengandung krom sebanyak 100-200 mg/l pada limbah campuran dari poses penyamakan kulit, suatu konsentrasi sangat

tinggi sehingga melebihi baku mutu limbah yang diizinkan. Mengingat hal tersebut maka limbah harus diolah sebelum dibuang ke perairan umum (Indri Hermiyati, 2001).

2.2 Bahan Baku dan proses Penyamakan Kulit

Bahan Baku Proses Penyamakan Kulit

Menurut Anonim (2001) bahan baku dari 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 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)
 - e. Bahan pencuci (Hostapol)
 - f. Soda kue (NaHCO_3)
 - g. Ammonium sulfide (Na_2S)
 - h. Natrium format (HCOOH)
 - i. Krom oksida (Cr_2O_3)
 - j. *Solvent* (pelarut)
 - k. Sodium asetat.

2.2.1 Bahan Penyamakan Kulit

Bahan untuk penyamakan industri kulit terbagi menjadi 4 golongan besar yaitu :

- 1) Bahan penyamakan nabati adalah bahan penyamakan 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 fenol yang telah dibesarkan molekulnya dengan melebihi kondensasi dan sulfonasi. Dalam perdagangan telah merupakan bahan penyamak yang siap dipakai dengan nama antara lain : irgantone, tanigan dan lain-lain 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 perdagangan disebut minyak ikan kasar.
- 4) Bahan penyamak krom adalah bahan penyamak krom dengan dua valensi atom krom yaitu valensi +3 dan valensi +6. Bahan ini digunakan untuk menyamak jaket, kulit box dsb. Bahan penyamak krom dalam perdagangan dikenal dengan *chromium powder*, *chrom alunin* dsb (Eddy, 1985).

2.2.2 Proses Penyamakan Kulit

Kulit binatang terdiri dari sejumlah protein kompleks yang berbeda. Kulit binatang dapat diklasifikasikan menjadi 3 bagian : epidermis, derma/corium dan daging. Epidermis merupakan lapisan kulit terluar dan sebagian besar terdiri dari protein keratin. Derma atau Corium adalah bagian pembentuk kulit tersamak dan

mengandung keratin. Daging merupakan lapisan tipis dan sebagian besar terdiri dari jaringan adipose.

Proses- 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 13° C. 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.

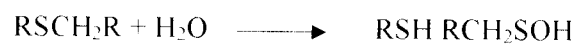
3) Pengapuran

Pengapuran berat pelepasan dan penghilangan jaringan epidermis dan rambut pada kulit. Kulit diamati dengan visual secara bersamaan dan diletakkan dalam wadah yang mengandung air dengan 10% berat kulit

dalam kapur dan 2% berat kapur dalam natrium sulfida yang berperan sebagai zat pemercepat.

Epidermis dan rambut sebagian besar disusun oleh keratin. Keratin merupakan protein yang mengandung residu. Sistem yang mudah diserang oleh alkali. Kapur menyerang rantai disulfide dalam keratin dan melunakkan rambut serat memindahkan epidermis.

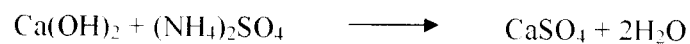
Reaksinya adalah sebagai berikut



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

4) Penghilangan Kapur

Proses penghilangan kapur dilakukan untuk memurnikan pH kulit. Larutan yang digunakan dalam 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 ammonium sulfat untuk menghilangkan sisa-sisa akar bulu, pigmen, lemak, dan kapur. Untuk menghentikan pengikisan protein, menghilangkan flek-flek kulit, menyesuaikan pH kulit dan pH menyamakan

dilakukan proses pengemasan kulit dengan menggunakan asam asetat, asam oksalat atau asam sulfat.

5) Penyamakan Kulit

Proses penyamakan kulit ada 2 macam yaitu penyamakan nabati dan krom. Penyamakan krom biasanya dibagi dalam 2 proses. Proses pertama menggunakan krom, asam sulfat sulfat dan proses kedua menggunakan natrium bikarbonat. Larutan khrom untuk proses pertama biasanya diperoleh dari reduksi natrium bikarbonat dengan penambahan perlahan-lahan larutan glukosa atau SO_2 sampai reduksi berlangsung sempurna.



Proses selanjutnya adalah pengecetan dasar, perminyakan, pengeringan dan pengecetan akhir sampai akhirnya diperoleh produk kulit tersamak.

Limbah yang ditimbulkan dari 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 ke perairan.

2.2.3 Sumber dan Karakteristik Limbah Industri Penyamakan Kulit

Limbah cair industri penyamakan kulit berasal dari larutan yang digunakan pada unit pemrosesan yaitu : perendaman air, penghilangan bulu, pemberian bubuk kapur, perendaman dengan ammonia, pengasaman, penyamak, pemucatan sampai pemberian warna. Penghilangan bulu menggunakan kapur dan sulfide merupakan penyumbang/kontributor terbesar beban pencemar pada

industri penyamakan kulit (EMDI, BAPEDAL, 1994). Menurut Oetoyo (1981) sumber dan jenis buangan industri penyamakan kulit yang ada adalah :

Tabel 2.1 : 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, et al. " Pola Penanganan Limbah Industri Penyamakan Kulit Karet dan Plastik ", Yogyakarta).

Bahan penyamak krom merupakan bahan penyamak yang paling penting diantara bahan penyamak mineral seperti bahan penyamak aluminium dan bahan penyamak *zirconium*. Hal ini dikarenakan adanya sifat-sifat yang khusus yang dimiliki oleh bahan penyamak krom yang berhubungan dengan struktur molekul atom krom itu sendiri.

Bahan penyamak krom yang digunakan adalah garam yang mengandung atom-atom yang bervalensi +3 (garam krom trivalen) sebagai kromium oksida (Cr₂O₃) di pasaran kadarnya 25 %.

2.3 Kromium (Cr)

Kromium berasal dari bahasa Yunani yaitu *chroma* yang berarti warna. Logam kromium ditemukan pertama kali oleh Nicolas-Louis Vaqueline (1763-1829), seorang ahli kimia Prancis pada tahun 1797. Logam ini merupakan logam kristalin yang berwarna putih keabu-abuan dan tidak begitu liat.

Salah satu logam transisi yang 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, Hiskia, 1992).

Senyawa kromium mempunyai warna yang sangat menarik dan digunakan sebagai pigmen seperti kuning khrom (timbal (II) kromat) dan hijau krom (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 dibawah ini :

Tabel 2.2 : Beberapa Sifat Fisik Logam Kromium

Lambang	Cr
Nomor atom	24
Massa atom reltive (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 ($^{\circ}\text{C}$)	1890
Titik didih ($^{\circ}\text{C}$)	2475
Bilangan oksidasi	2, 3, 6
Potensial elektroda (V)	
$\text{M}^{2+}_{(aq)} + 2e \longrightarrow \text{M}_{(s)}$	-0,56
$\text{M}^{3+}_{(aq)} + e \longrightarrow \text{M}^{2+}_{(aq)}$	-0,41

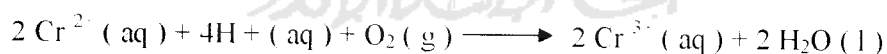
(Sumber : Achmad, H, 1992 kimia unsur dan radio kimia)

Dalam bidang industri, kromium diperlukan dalam dua bentuk, yaitu kromium murni, dan aliasi 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* (FeOCr_2O_3).

Kadang-kadang pada bahan mineral chromite juga ditemukan logam-logam magnesium (mg), Aluminium (Al) dan senyawa silikat (SiO_2). 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, akan 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 di antara 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. Krom hidroksida ini tidak terlarut dalam air

pada kondisi pH optimal 8.5 – 9.5 akan 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 (VI) kebanyakan bersifat asam.

2.3.1 Krom (Cr) Dalam Lingkungan

Logam krom dapat masuk ke dalam semua strata lingkungan, baik pada strata perairan, tanah maupun udara (lapisan atmosfer). Kromium yang masuk ke dalam strata lingkungan datang dari berbagai sumber, tetapi yang paling banyak adalah dari kegiatan-kegiatan perindustrian, rumah tangga dan pembakaran serta immobilisasi bahan bakar. Masuknya krom ke lapisan udara dari strata lingkungan adalah dari pembakaran, mobilitas batu bara dan minyak bumi.

Pada pembakaran batubara akan terlepas krom sebesar 10 ppm ke udara, sedangkan dari pembakaran minyak bumi akan terlepas krom sebesar 0.3 ppm. Keadaan ini dapat diartikan bahwa setiap tahunnya akan dilepas sebanyak 1400 ton krom ke udara dari proses pembakaran batu bara dan 50 ton krom dari proses pembakaran minyak bumi. (Palar, 1994).

Logam krom (Cr) di udara ditemukan dalam bentuk debu dan partikulat partikulat, seperti logam-logam berat lainnya. Debu atau partikulat krom dalam udara tersebut dapat masuk ke dalam tubuh hewan ataupun manusia melalui pernapasan (*respirasi*). Partikel atau debu krom 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 krom dalam perairan akan mengalami proses kimia seperti reaksi reduksi-oksidasi (redoks), yang dapat mengakibatkan terjadinya pengendapan atau sedimentasi logam krom di dasar 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.

2.3.2 Kegunaan Krom (Cr) Dalam Kehidupan

Kromium 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).

Kromium dapat pula digunakan dalam alat penganalisa napas yang mana alat ini digunakan polisi untuk menangkap peminum alkohol yang mengemudi mobil. Dalam bidang kesehatan, kromium dapat digunakan sebagai orthopedi, radioisotope kromium 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, krom digunakan sebagai :

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

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

2.3.3 Keracunan Kromium (Cr)

Sebagai logam berat, krom termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi. Daya racun yang dimiliki oleh krom ditentukan oleh valensi ionnya. Logam Cr^{6+} merupakan bentuk yang paling banyak dipelajari sifat racunnya dikarenakan Cr^{6+} merupakan *toxic* yang sangat kuat dan dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan keracunan kronis (Soemirat, 1994).

Keracunan akut yang disebabkan oleh senyawa $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ pada manusia ditandai dengan kecenderungan terjadi pembengkakan pada hati. Tingkat keracunan krom pada manusia diukur melalui kadar atau kandungan krom dalam urine. kristal asam kromat yang sering digunakan sebagai obat untuk kulit, akan tetapi penggunaan senyawa tersebut seringkali mengakibatkan keracunan yang fatal (Palar, 1994).

Kontaminasi logam krom (Cr) dapat terjadi melalui :

- a. Penghisapan udara tercemar

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

b. 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 akibat kontak dengan kromat dapat pula berupa luka pada lubang hidung, lalu merambat keselaput lender sehingga saluran pernapasan akan terganggu.

c. Makanan dan minuman yang mengandung kromium 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 Zeolit

2.4.1 Mineral Zeolit

1. Definisi

Zeolit adalah senyawa alumino- silikat terhidrasi, dengan unsur utama terdiri dari kation alkali dan alkali tanah. Senyawa ini memiliki

struktur tiga dimensi dan memiliki pori-pori yang dapat diisi oleh air. Selain itu zeolit memiliki kemampuan untuk menyerap dan melepas komponen yang dikandung serta dapat menukar beberapa jenis kation, tanpa merubah struktur utama penyusunnya. Istilah zeolit berasal dari kata "Zein" (bahasa Yunani) yang berarti membuih dan "Lithos" berarti batu. Nama ini sesuai dengan zeolit yang akan membuih apabila dipanaskan pada suhu 100 C.

Mineral alam zeolit yang merupakan senyawa alumino-silikat dengan struktur sangkar terdapat di Indonesia dalam jumlah besar dengan bentuk hampir murni dan harga murah. Mineral zeolit mempunyai struktur "framework" tiga dimensi dan menunjukkan sifat penukar ion, adsorpsi, "molecular sieving" dan katalis sehingga memungkinkan digunakan dalam pengolahan limbah industri

2. Komposisi

Zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal aluminosilikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensinya. Ion-ion logam tersebut dapat diganti oleh kation lain tanpa merusak struktur zeolit dan dapat menyerap air secara reversibel. Logam alkali merupakan sumber kation yang dipertukarkan. Ion-ion logam alkali tersebut dapat diganti oleh kation lain tanpa merusak struktur zeolit. Sedangkan jumlah molekul air menunjukkan jumlah pori-pori atau

volume ruang hampa akan terbentuk bila unit sel kristal tersebut dipanaskan (Astria, dkk., 2000)

Mineral zeolit telah dikenal sejak tahun 1756 oleh Cronstedt ketika menemukan Stilbit yang bila dipanaskan seperti batuan mendidih (*boiling stone*) karena dehidrasi molekul air yang dikandungnya. Pada tahun 1954 zeolit diklasifikasi sebagai golongan mineral tersendiri, yang saat itu dikenal sebagai molecular sieve materials.

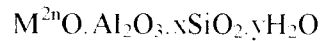
Pada tahun 1984 Professor Joseph V. Smith ahli kristalografi Amerika Serikat mendefinisikan zeolit sebagai :

"A zeolite is an aluminosilicate with a framework structure enclosing cavities occupied by large ions and water molecules, both of which have considerable freedom of movement, permitting ion-exchange and reversible dehydration".

Dengan demikian, zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal alumino silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensi. Ion-ion logam tersebut dapat diganti oleh kation lain tanpa merusak struktur zeolit dan dapat menyerap air secara reversible (Josef, 1989)

Kerangka dasar struktur zeolit terdiri dari unit tetrahedral AlO_4 dan SiO_4 yang saling berhubungan melalui atom O (oksigen) dan di dalam

struktur tersebut Si^{4+} dapat diganti dengan Al^{3+} , sehingga rumus empiris zeolit menjadi:



M : kation alkali atau alkali tanah

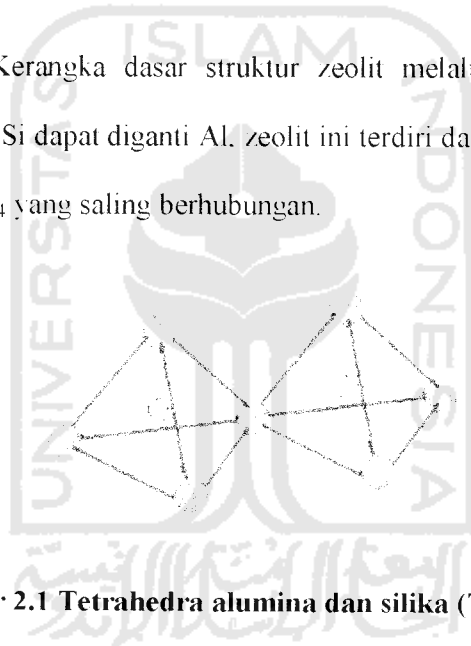
n : valensi logam alkali

x : bilangan tertentu (2 s/d 10)

y : bilangan tertentu (2 s/d 7)

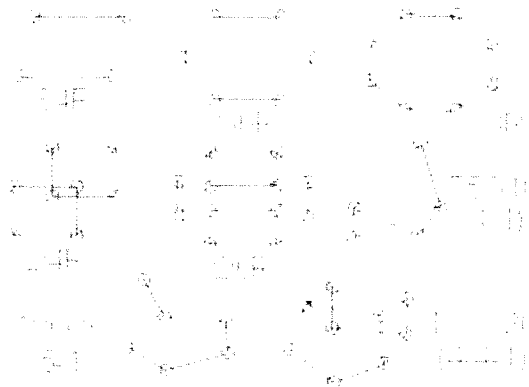
(Mursi Sutarti dan Minta Rachmawati. 1994)

Kerangka dasar struktur zeolit melalui atom O dan di dalam struktur Si dapat diganti Al, zeolit ini terdiri dari unit-unit tetrahidrol AlO_4 dan SiO_4 yang saling berhubungan.



Gambar 2.1 Tetrahedra alumina dan silika (TO_4) pada struktur

Molekul-molekul yang terserap dapat ditahan dalam rongga dan salurannya. Pada mulanya zeolit merupakan molekul yang memiliki struktur terbuka dengan kerangka yang tersusun dari tetrahedral SiO_4 dan AlO_4 . lebih lanjut zeolit ditandai karena kemampuannya melepas dan menyerap air secara reversible tanpa mengalami perubahan struktur yang berarti.



Gambar 2.2 Unit Bangun Sekunder Struktur Zeolit

Berdasarkan UBS semua zeolit baik dalam bentuk alami atau sintetik dapat dibagi atas 9 grup yaitu:

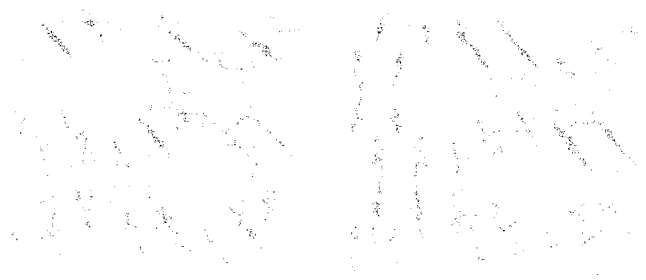
1. single 4-ring (S4R)
2. single 6-ring (S6R)
3. single 8-ring (S8R)
4. double 4-ring (D4R)
5. double 6-ring (D6R)
6. double 8-ring (D8R)
7. complex 4-1 (T₅O₁₀)
8. complex 5-1 (T₈O₁₆)
9. complex 4-4-1 (T₁₀O₂₀)

Tabel 2.3 Klasifikasi zeolit

Zeolit	Rumus kimia	UBS
Grup Analsim		
Analsim	$\text{Na}_{16}[\text{Al}_{16}\text{Si}_{31}\text{O}_{96}]6\text{H}_2\text{O}$	S4R
Wairakit	$\text{Ca}_8[\text{Al}_{16}\text{Si}_{31}\text{O}_{96}] 6\text{H}_2\text{O}$	S4R
Grup Natrolit		
Natrolit	$\text{Na}_{16}[\text{Al}_{16}\text{Si}_{24}\text{O}_{80}]6 \text{H}_2\text{O}$	T_5O_{10} (4-1)
Thomsonit	$\text{Na}_{16}\text{Ca}_8[\text{Al}_{20}\text{Si}_{20}\text{O}_{80}]24 \text{H}_2\text{O}$	T_5O_{10}
Grup Heulandit		
Heulandit	$\text{Ca}_4[\text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72}] 24\text{H}_2\text{O}$	$\text{T}_{10}\text{O}_{20}$ (4-4-1)
Klinoptilolit	$\text{Na}_6[\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}]24 \text{H}_2\text{O}$	$\text{T}_{10}\text{O}_{20}$
Grup Filipsit		
Filipsit	$\text{K}_2\text{Ca}_{1.5}[\text{Al}_6\text{Si}_{10}\text{O}_{32}]12\text{H}_2\text{O}$	S4R
Zeolit Na-P-1	$\text{Na}_8[\text{Al}_{31}\text{SiO}_{16}] 16\text{H}_2\text{O}$	S4R
Grup Mordernit		
Mordernit	$\text{Na}_8[\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}]24 \text{H}_2\text{O}$	T_8O_{16} (5-1)
Ferrierit	$\text{NaCa}_{0.5}\text{Mg}_2[\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}]24 \text{H}_2\text{O}$	T_8O_{16}
Grup Kabazit		
Kabazit	$\text{Ca}_2[\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{24}] 13\text{H}_2\text{O}$	D4R.D6R
Zeolit L	$\text{K}_6\text{Na}_3[\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}] 21\text{H}_2\text{O}$	S6R
Grup Faujasit		
Faujasit	$\text{Na}_{12}\text{Ca}_{12}\text{Mg}_{11}[\text{Al}_{58}\text{Si}_{134}\text{O}_{384}]235\text{H}_2\text{O}$	D4R.D6R
Zeolit A	$\text{Na}_{12}[\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{48}] 27 \text{H}_2\text{O}$	D4R. D6R
Grup Laumontit		
Laumontit	$\text{Ca}_4[\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{46}] 16\text{H}_2\text{O}$	S4R.S6R.S8R
Grup Pentasil		
ZSM-5	$\text{Na}_n[\text{Al}_n\text{Si}_{96}\text{O}_{192}] 16 \text{H}_2\text{O}$	5-1
Grup Zeotype		
ALPO4-5	$[\text{Al}_{12} \text{P}_{12}\text{O}_{48}] (\text{C}_3\text{H}_7)_4 \text{NOH} \text{ q} \text{H}_2\text{O}$	S4R. S6R

Pada struktur zeolit, semua atom Al dalam bentuk terahedra sehingga atom Al akan bermuatan negatif karena berkoordinasi dengan 4 atom oksigen dan selalu dinetralkan oleh kation alkali atau alkali tanah untuk mencapai senyawa yang stabil. Lain halnya dengan batuan lempung (*clay materials*) dengan struktur lapisan, dimana sifat pertukaran ionnya disebabkan oleh 1) brokend bonds yaitu makin kecil partikel penyerapan makin besar, 2) gugus hidroksid yang mana atom hidrogen dapat digantikan dengan kation lain atau 3) substitusi isomorf Al pada terahedra Si menyebabkan ikatan Al-Si cukup kuat dan mengurangi *swelling*. Kemampuan pertukaran ion (adakalanya dengan istilah kemampuan penyerapan ion atau sorpsi) zeolit merupakan parameter utama dalam menentukan kualitas zeolit yang akan digunakan, biasanya dikenal sebagai KTK (kemampuan tukar kation).

KTK adalah jumlah ion logam yang dapat diserap maksimum oleh 1 g zeolit dalam kondisi kesetimbangan. Kemampuan tukar kation (KTK) dari zeolit bervariasi dari 1,5 sampai 6 meq/g. Nilai KTK zeolit ini banyak tergantung pada jumlah atom Al dalam struktur zeolit, yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan KTK batuan lempung, seperti kaolinit (0,03-0,15 meq/g), bentonit (0,80-1,50 meq/g) dan vermikulit (1-1,50 meq/g).



Gambar 2. 3 Struktur stereotip mordenit



Gambar 2.4

Tabel 2.4 Perbedaan Zeolit dengan Tanah Lempung

Sifat	Zeolit	Batuan Lempung
Struktur Kristal	framework 3 dim.	Layer 2 dim.
Swelling	sangat kecil	besar
Kestabilan Panas	tinggi	rendah
Kestabilan Radiasi	sedang	sedang
Sorpsi	tinggi	tinggi
Penyaring Molekul	sedang	rendah
Katalis	tinggi	rendah
	tinggi	sedang

Zeolit dengan struktur mempunyai luas permukaan yang besar dan mempunyai saluran yang dapat menyaring ion/molekul (molecular sieving).

2.4.2 Sifat-Sifat Zeolit

Zeolit mempunyai struktur berongga dan biasanya rongga ini diisi oleh air dan kation yang bisa dipertukarkan dan memiliki ukuran pori yang tertentu. Oleh karena itu zeolit dapat dimanfaatkan sebagai penyaring molekuler, penukar ion, penyerap bahan dan katalisator.

Sifat zeolit meliputi :

a. Dehidrasi

Sifat dehidrasi dari zeolit akan pengaruh terhadap sifat adsorsinya. Zeolit dapat melepaskan molekul air dari dalam permukaan rongga yang menyebabkan medan listrik meluas kedalam rongga utama dan efektif terinteraksi dengan molekul yang akan diabsorpsi. Jumlah molekul air sesuai dengan jumlah pori-pori atau volume ruang hampa yang akan terbentuk bila unit sel kristal zeolit tersebut terpanaskan.

b. Adsorpsi

Dalam keadaan normal ruang hampa dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang berada di sekitar kation. Bila kristal zeolit dipanaskan pada suhu $300^{\circ}\text{C} - 400^{\circ}\text{C}$, maka air tersebut akan keluar sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan. Selain mampu menyerap gas atau zat, zeolit memisahkan molekul zat berdasarkan ukuran dan kepolarannya.

c. Penukar ion

Ion-ion rongga atau kerangka elektrolit berguna menjaga kenetralan zeolit, dan ion-ion ini dapat bergerak bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi tergantung pada ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya. Pertukaran kation dapat menyebabkan perubahan beberapa sifat zeolit seperti stabilitas terhadap panas, sifat adsorpsi dan aktifitas katalitis.

d. Katalis

Ciri paling khusus dari zeolit yang secara praktis akan menentukan sifat khusus mineral ini adalah adanya ruang kosong yang akan membentuk saluran dalam strukturnya. Bila zeolit digunakan pada proses penjerapan atau katalis, maka akan terjadi difusi molekul didalam ruang bebas diantara kristal. Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai pori-pori yang besar dan permukaan maksimum.

e. Penyaring/Pemisah

Zeolit dapat memisahkan molekul gas atau zat lain dari suatu campuran tertentu, karena mempunyai ruang hampa yang cukup besar dalam garis tengah yang bermacam-macam. Volume dan ukuran garis tengah ruang hampa dalam kisi-kisi kristal ini menjadi dasar kemampuan zeolit untuk bertindak sebagai penyaring molekul.

2.4.3 Penggolongan Zeolit

Menurut proses pembentukannya zeolit dapat digolongkan menjadi

2 kelompok yaitu :

1. Zeolit Alam
2. Zeolit Sintesis

Zeolit alam terbentuk karena adanya proses perubahn alam (zeolitisasi) dari batuan vulkanik tuf, sedangkan zeolit sintesis direkayasa oleh manusia secara proses kimia.

1. Zeolit Alam

Di alam banyak dijumpai zeolit dalam lubang-lubang lava dan dalam batuan piroklastik berbutir halus (tuf). Berdasarkan proses pembentukannya zeolit alam terbagi menjadi 2 kelompok yaitu :

a. Zeolit yang terdapat diantara celah-celah batuan atau diantara lapisan batuan. Zeolit ini biasanya terdiri dari beberapa jenis mineral zeolit bersama-sama dengan mineral lain seperti kalsit, kwarsa, renit, klorit, florit dll.

b. Zeolit yang berupa batuan

Hanya jenis sedikit zeolit yang berbentuk batuan diantaranya adalah : klinoptilotit, analisin, laumontit, mordenit, filipsit, ereonit, kabsit dan heolandit.

Menurut proses terbentuknya, batuan zeolit ini dapat dibedakan menjadi 7 kelompok, yaitu :

- a. Mineral zeolit yang terbentuk dari endapan gunung berapi didalam danau asin yang tertutup.
- b. Mineral zeolit yang terbentuk didalam danau air tawar atau didalam lingkungan air tanah terbuka.
- c. Mineral zeolit yang terbentuk di lingkungan laut.
- d. Mineral zeolit yang terbentuk karena proses metamorphose berderajat rendah, karena pengaruh timbunan.
- e. Mineral zeolit yang terbentuk oleh aktifitas hidrothermal atau air panas.

- f. Mineral zeolit yang terbentuk dari endapan gunung merapi didalam tanah yang bersifat alkali.
- g. Mineral zeolit yang terbentuk dari batuan/mineral lain yang tidak menunjukkan bukti adanya hubungan langsung dengan kegiatan vulkanis.

2. Zeolit Sintesis

Susunan atom maupun kondisi zeolit dapat dimodifikasi, maka dapat dibuat zeolit sintesis yang mempunyai sifat khusus sesuai dengan keperluannya. Sifat zeolit sangat tergantung dari jumlah komponen Al dan Si dari zeolit tersebut. Oleh karena itu zeolit sintesis dikelompokkan sesuai dengan perbandingan kadar komponen Al dan Si dalam zeolit menjadi zeolit kadar Si rendah, zeolit kadar Si sedang dan kadar Si tinggi.

Zeolit merupakan mineral yang istimewa, karena struktur kristalnya sangat unik yaitu mudah diatur, sehingga sifat zeolit dapat dimodifikasi sesuai dengan keperluan pemakai. Bahwa pembentukan zeolit termodifikasi ini diduga tidak hanya polimerisasi hidrotermal dari masing-masing oksidanya (AlO_2 , SiO_2 dan PO_2) melainkan juga dapat dihasilkan dari proses substitusi P ke dalam bahan alam zeolit (alumino silikat) atau substitusi Si ke dalam senyawa aluminium fosfat. Dari kedua proses substitusi itu terdapat tiga kemungkinan yaitu polimer aluminosilikofosfat dengan muatan positif, netral dan negatif, tergantung pada jenis proses substitusi yang terjadi (Lenny Marilyn Estiaty, 2002)

2.5 Teknologi Membran

Membran didefinisikan sebagai satu lapisan yang memisahkan dua fase dan mengatur perpindahan massa dari kedua fase yang dipindahkan. Di dalam sel elektrokimia membran berfungsi sebagai sensor terhadap ion tertentu yang disebut membran selektif ion.

Dalam teknologi kimia penggunaan membran menempati posisi penting dan telah digunakan berbagai aplikasi. Sifat utama dari membran yang dimanfaatkan adalah mempunyai kemampuan untuk mengontrol angka penyerapan dari zat kimia yang melewati membran (Hartono dkk. 1994)

2.5.1 Klasifikasi Membran

Teknologi membran dalam pengolahan air bertujuan untuk pemisahan substansi larutan menggunakan membrane permeable selektif yang terjadi karena adanya daya dorong (*Driving force*).

Klasifikasi membran dapat dibuat dengan melihat beberapa karakteristiknya. Pada dasarnya membrane dapat diklasifikasikan menurut karakteristik berikut (Ali Masduki, dkk. 2000)

- Sifat/asal membran : alamiah (biomembran) atau sintesis
- Sifat fase : padat/solid, cair/liquid, atau gas
- Struktur membran : berpori, atau tidak berpori
- Aplikasi membran : pemisahan gas-gas, gas liquid, liquid-liquid, atau solid-liquid
- Mekanisme kerja membran : adsorpsi diffusif, ion-exchange, osmosis atau membrane non-selektif (*inert*) dan

- *Driving force* : potensial, konsentrasi, temperature, atau tekanan.

Dalam kaitannya dengan mekanisme kerja membrane atau proses pemisahannya, membran dapat diklasifikasikan lagi menjadi elektrodialisis (ED), liquid membran (LM), reverse osmosis (RO), ultrafiltrasi (UF), mikrofiltrasi (MF), nanofiltrasi (NF), dialysis (D), dan pervaporasi (PV). Sumber *driving force* adalah proses penurunan entropy yang terjadi dalam sistem dengan menggunakan bahan kimia, listrik, atau mekanis. Energi yang biasa menimbulkan *driving force* misalnya konsentrasi, energi potensial atau gradien tekanan (lihat tabel 2.4)

Tabel 2.5 : Klasifikasi Proses Pemisahan Membran Berdasarkan *Driving Force*

Uraian	Driving Force	Operasi
Electrically-driven	Gradien Potensial (voltage)	ED
Chemically-driven	Gradien Konsentrasi (Potensial kimia)	D, LM, PV
Pressure-driven	Gradien tekanan	RO, NF, UF, MF

Kebanyakan proses pemisahan membran dapat dipertimbangkan sebagai unit operasi fisika-kimia, dan lebih spesifik lagi *Pressure-driven* dapat dibedakan dengan ukuran partikel atau molekul yang dapat tertahan atau lolos.

Membran mampu menyaring partikel dalam larutan yang tidak nampak oleh mata telanjang. Bahkan membran MF dapat menahan *yeast* 3 hingga 12

mikron) dan MF yang lebih kecil dapat menahan bakteri terkecil (*Pseudomonas diminuta*, 0.2 mikron).

Teknologi membran merupakan proses pemisahan substansi dari larutan menggunakan membran permeable selektif dengan membutuhkan *driving force* yang menyebabkan transfer massa linarut. *Driving force* tersebut adalah perbedaan konsentrasi (untuk dialisis), potensial listrik (untuk elektrodialisis), dan tekanan (untuk reverse osmosis).

2.6 Elektrodialisis

Elektrodialisis merupakan proses pemisahan elektrokimia yang memindahkan ion melewati membran semipermeabel. Elektrodialisis mempunyai penurunan entropy yang akan menghasilkan tingkat transfer ion yang meningkat (Ali, Agus, 2002)

Aliran air dalam alat elektrodialisis (lihat gambar 3) berlangsung seperti pada penjelasan berikut. Jika aliran langsung mengenai elektroda, maka semua ion bermuatan positif (kation) cenderung bergerak menuju katoda. Sebaliknya, semua ion bermuatan negatif (anion) cenderung bergerak menuju anoda. Kation dapat dapat menembus membran *cation-permeable*, dan akan tertahan oleh membran *anion-permeable*. Kompartemen dibuat berselang-seling antara antara yang berkonsentrasi ion yang lebih besar atau lebih kecil dari pada konsentrasi ion yang diumpan, sebagai hasilnya, aliran dari alat tersebut mengandung air produk yang mempunyai konsentrasi elektrolit yang rendah.

Sebuah membran elektrodialisis bersifat berpori, tipis, matriks terbuat dari resin ion sintesis. matriks membran *cation-permeable* mempunyai muatan negatif karena ionisasi dari site penukar kation. Kation yang dapat ditukar dengan ruang pori sebanding dengan muatan negatif matriks. Jika arus mengalir, kation masuk ke pori dan menembus membran sehingga gaya perpindahan elektrik lebih besar dari pada gaya tarik antara kation dan membran *cation-permeable*. Jika matriks bermuatan negatif, dia akan menolak anion. Membran *anion-permeable* dibuat dengan cara yang sama, dimana anion dapat menembus tetapi kation akan tertahan (Ali, dkk, 2002)

2.6.1 Arus Listrik

Dalam reaktor elektrodialisis menggunakan arus searah, sel elektrolisa pertama kali dipelajari oleh *Mihael Faraday* (1792-1867). Arus dalam hal ini di definisikan sebagai jumlah perpindahan rata-rata dari muatan positif yang melewati persatuan waktu.

$$i = \frac{Q}{t} \dots \dots \dots (2.6.1.1)$$

Satuan dari arus searah adalah 1 *coulomb* per detik disebut 1 ampere. banyaknya zat yang dihasilkan dari reaksi elektrolisis sebanding dengan banyaknya arus listrik yang dialirkan kedalam larutan.

Hal ini dapat digambarkan dengan hukum *Faraday* I :

$$W = \frac{e \cdot i \cdot t}{F} \dots \dots \dots (2.6.1.2)$$

Keterangan :

W = massa yang dihasilkan

e = bobot ekivalen

i = arus dalam ampere

t = waktu dalam satuan detik

F = tetapan *Faraday*, 1 *Faraday* = 96500 *Coulomb* atau 96.485 A s/gram ekuivalen

$i.t$ = arus dalam satuan *Coulomb*

$i.t/F$ = arus dalam satuan *Faraday*

W/e = grek (gram ekuivalen)

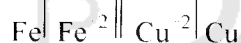
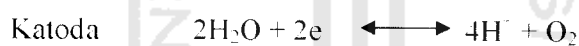
2.6.2 Elektroda (Katoda dan Anoda)

Dalam alat elektrodialisis digunakan elektroda dari bahan tembaga karena tembaga merupakan penghantar listrik yang baik, murah dan mudah didapat di pasaran. Elektroda yang mempunyai inert (Widiatmoko & Harttomo, 1994), yaitu :

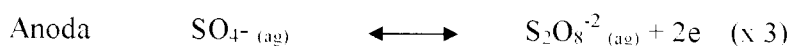
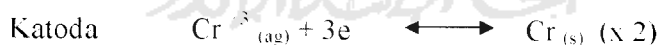
1. Elektroda Platina
2. Elektroda Carbon
3. DSE (*Domenially Stable Elektrode*)

Semakin besar kuat arus dan voltase pada elektroda, maka reduksi Cr yang terjadi semakin besar, berarti energi ionisasi (potensial ionisasi) yang dimiliki semakin kecil. Dan sebaliknya, jika semakin kecil kuat arus dan voltase pada elektroda, maka reduksi Cr yang terjadi akan semakin kecil, berarti elektron ionisasi atau elektron potensial akan semakin besar. Besarnya reduksi Cr dipengaruhi oleh kuat lemahnya, besar kecilnya kuat arus, besar kecil voltase elektroda, luas sempitnya bidang permukaan, kontak elektroda serta jarak antar elektroda.

Penggunaan elektroda dalam pengukuran potensial sel dengan menggunakan elektroda logam Tembaga dan Besi mempunyai kecendrungan proses oksidasi atau reduksi. Elektron (listrik) memasuki larutan melalui kutub negatif (katoda). Bahan tertentu dalam larutan menyerap elektron dari katoda dan mengalami oksidasi. Jadi, sama pada sel volta, reaksi di katoda adalah reduksi, sedangkan di anoda adalah oksidasi, akan tetapi, muatan elektrodanya berbeda. Pada sel elektrolisis katoda bermuatan negatif, sedangkan anoda bermuatan positif (Michael Purba, 1994). Proses reaksi yang terjadi pada potensial ion adalah sebagai berikut:



Reaksi elektrolisis yang terjadi pada limbah Penyamakan Kulit sebagai berikut :



$\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ akan terkumpul dan terakumulasi pada membrane Zeolit. Dan hasil akhir pada penolahan proses berbentuk larutan air (Michael Purba, 1994).

Pada peristiwa elektrolisa dimana katoda akan berfungsi sebagai kutub negatif. Pada katoda akan terjadi reaksi reduksi terhadap kation. Kation ialah ion

(+) yang termasuk dalam kation ialah H^+ dan ion logam. Reaksi-reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

1. Ion H^+ akan direduksi menjadi gas hidrogen dengan reaksi



2. Ion-ion logam yang mempunyai harga-harga E^0 lebih kecil dari E^0 air seperti ion logam alkali tanah, Al^{3+} dan Mn^{2+} tidak dapat direduksi dari larutan. Yang mengalami reduksi pada katoda adalah air yang bertindak sebagai pelarut. Reasinya sebagai berikut :

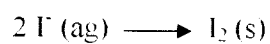
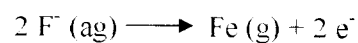


3. Ion-ion logam lainnya selain ion logam tersebut diatas, akan mengalami reduksi menjadi logamnya. Logam yang dihasilkan ini akan terendapkan pada batang katoda. Contoh : $Cr^{3+} + 3 e^- \longrightarrow Cr$

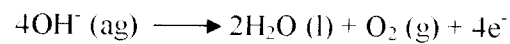


4. Pada anoda terjadi reaksi oksidasi terhadap anion (ion negatif). Anoda yang terbuat dari logam mulia seperti platina, emas, dan batang grafit tidak mengalami reaksi oksidasi. Bila anoda terbuat dari selain Pt, Au, C akan mengalami reaksi sebagai berikut : $Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2 e^-$

5. Anion halogen mengalami oksidasi membentuk molekulnya :



6. Ion OH^- mengalami oksidasi membentuk gas oksigen (O_2) menurut reaksi sebagai berikut :



Anion sisa asam yang mengandung oksigen seperti NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} dan sebagainya tidak mengalami oksidasi. Adapun yang mengalami oksidasi air dengan membentuk gas oksigen (pada anoda), menurut reaksi : $2\text{H}_2\text{O} (\text{l}) \longrightarrow 4\text{H}^+ (\text{aq}) + \text{O}_2 (\text{g}) + 4\text{e}^-$.

2.6.3 Potensial Elektroda

Suatu reaksi reduksi (penangkapan elektrolit) dapat menimbulkan potensial reduksi atau potensial elektroda E° . Makin mudah mengalami reduksi, makin besar potensial elektroda yang ditimbulkan (Ansory Irfan, 1998).

Elektroda hidrogen dipakai sebagai standar dalam menentukan harga E° sebesar 0 volt. Deret potensial logam atau dikenal sebagai deret volta dapat diurutkan dari yang kecil ke yang besar.

K-Ba-Ca-Na-Mg-Al-Mn-Zn-Cr-Fe-Cd-Co-Ni-Sn-Pb-(H)-Sb-Bi-Cu-Hg-Ag-Pt-Au.

Dengan berdasar pada deret volta, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Logam yang terletak disebelah kiri H memiliki E° negatip, logam-logam yang sebelah kanan H memiliki E° positip.
2. Semakin kekanan letak suatu logam deret volta, harga E° makin besar. Hal ini berarti bahwa logam-logam sebelah kanan mudah mengalami reduksi serta sukar mengalami oksidasi.

3. Semakin ke kiri letak unsur dalam deret volta, harga E° makin kecil. Hal ini berarti bahwa logam-logam sebelah kiri sukar mengalami reduksi dan mudah mengalami oksidasi.

2.7 Membran Elektrodialisis

Membran untuk pemurnian air (reverse osmosis, ultrafiltrasi, elektrodialisis) dibuat dari berbagai bahan polimer dan anorganik/mineral 10-2000 Angstrom. Ada pula membran terbuat dari polimer poliasital, poliakrilat, akrilik, polikarbonat, poliamida serta dapat dibuat membran dari keramik, aluminium oksida, zirkonium dan sebagainya. Membran mengalami perubahan karena memampat/*fouling* (sumbat).

Fouling membran disebabkan oleh zat-zat dalam air baku, misalnya kerak, pengendapan koloid, silt, oksida logam, organik dan sebagainya. Agar tidak lekas *fouling*, perlu perlakuan air. Membran yang mengalami *fouling* ditandai dengan merosotnya produktivitas, dari hasil proses pengolahannya misalkan lolosnya garam. Ada lima penyebab potensial sekaitan *fouling* :

1. Kerak pada membran
2. Pengendapan oksida logam
3. Piranti buntu/macet
4. Fouling koloid dan
5. Pertumbuhan biologis.

Pada membran ED umumnya resin yang dibentuk sebagai lembaran, yang dapat selektif anion dan kation. Membran kation (menukar kation) ialah

jalanan pori molekuler sehingga air pun tidak terlalu banyak yang dapat melintas, dan porinya diberi muatan negatif ke matriksnya, dengan gugus sulfonat (dibandingkan dengan resin kuat). Pada membran berlangsung netralitas listrik karena adanya ion pasangan sesuai muatannya. Gerak ion mudah dari satu gugus ke gugus tetap (melekat) lainnya. Gugus tetap menarik ion bermuatan lawan sedangkan yang bermuatan sama ditolak (Widiatmoko dkk, 1994).

2.8 Elektro Membran Zeolit

Elektro membran zeolit adalah membran yang terbuat dari mineral zeolit yang dipergunakan pada proses elektrokimia yaitu proses perpindahan ion-ion melintasi membran selektif anion dan kation menuju elektroda akibat aliran arus searah (*Direct Current*). Proses tersebut selanjutnya disebut proses elektrodialisis. Jadi elektrodialisis adalah gabungan antara elektrokimia dengan pertukaran ion. Proses melibatkan membran selektif ion. Prosesnya melibatkan membran selektif ion. Ion positif bergerak menuju ke elektroda negatif, sedangkan ion negatif bergerak menuju elektroda positif. Elektro membran sebenarnya tak lain adalah resin yang dibentuk sebagai lembaran yang selektif anion atau kation. Gejala perpindahan ion pada elektrodialisis berasal dari pengaruh potensial arus searah (DC) atas larutan ionik.

2.9 Hipotesis

Bedasarkan tujuan penelitian maka dapat dikemukakan sebagai berikut :

1. Semakin tinggi Tegangan listrik dan adanya penambahan larutan elektrolit, maka jumlah kadar krom (Cr) semakin berkurang
2. Elektro Membran Zeolit efektif dalam menurunkan kadar krom (Cr) limbah penyamakan kulit.

