

No : TA/TL/2005/0039

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA	
HARIAN/BERITA	
TGL. TERIMA :	28 Juni 2006
NO. JUDUL :	001994
NO. NY :	5120000494081

TUGAS AKHIR

UJI PENGGUNAAN ELEKTRO MEMBRAN ZEOLIT DALAM MENURUNKAN KADAR KROMIUM (Cr) PADA LIMBAH CAIR PENYAMAKAN KULIT

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
Untuk mencapai derajat S-1 Program Studi Teknik Lingkungan
Jurusan Teknik Lingkungan



Nama : Bachrun Fitri Amin
No. Mahasiswa : 00 513 076
Program Studi : Teknik Lingkungan

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2005



TUGAS AKHIR
“UJI PENGGUNAAN ELEKTRO MEMBRAN ZEOLIT DALAM
MENURUNKAN KADAR KROMIUM (Cr) PADA LIMBAH CAIR
PENYAMAKAN KULIT”

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
Untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
derajat Sarjana Teknik Lingkungan



Disusun oleh :

Nama : Bachrun Fitri Amin
No. Mahasiswa : 00 513 076
Program Studi : Teknik Lingkungan

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2005

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

“UJI PENGGUNAAN ELEKTRO MEMBRAN ZEOLIT DALAM MENURUNKAN KADAR KROMIUM (Cr) PADA LIMBAH CAIR PENYAMAKAN KULIT”

**Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
Untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
derajat Sarjana Teknik Lingkungan**

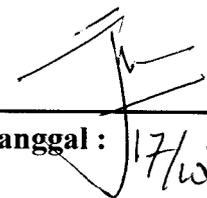
Disusun oleh :

Nama : Bachrun Fitri Amin
No. Mahasiswa : 00 513 076
Program Studi : Teknik Lingkungan

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dr. Ir. Kris Tri Basuki, MSc, APU
Dosen Pembimbing I

Luqman Hakim, ST, MSi
Dosen Pembimbing II


Tanggal : 17/10/05


Tanggal : 26/9/05

HALAMAN PERSEMBAHAN

PERWUJUDAN

DARI PENANTIAN SELAMA DUDUK DI BANGKU KULIAH

LAPORAN INI DIPERSEMBAHKAN UNTUK :

ALLAH YG TELAH MEMBERIKAN PETUNJUK DAN RAHMATNYA

EMA DAN ABAH TERSAYANG, KELUARGA,

DAN MASA DEPANNKU....

DAN SELURUH TEMAN-TEMANKU YANG MENDUKUNGU.....

MOTTO

' Sebab sesungguhnya sehabis kesulitan itu ada kemudahan ' (Qs.Al

Insyirah : 5)

"Telah aku tinggalkan ditengah kamu sekalian dua perkara, barang siapa yang mau berpegang teguh kepada keduanya tidak akan sesat selama-lamanya yaitu Al Qur'an dan Hadist"

"Kerusakan meluas di daratan dan di lautan karenan perbuatan manusia, untuk merasakan pada mereka sebagian dari perbuatan mereka sendiri, supaya mereka itu kembali ke jalan yang benar (Qur'an Ar Rum : 41)"

"Berjalanlah di bumi dan periksalah bagaimana akibat orang sebelum kamu (Qur'an Ar Rum : 42)"

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr.Wb

Puji syukur tiada terkira kepada yang Maha Esa pemilik sebuah alam semesta Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan laporan Tugas Akhir ini dengan baik. Shalawat serta salam tak terbatas juga saya haturkan kepada Nabi besar junjungan kita nabi Muhammad S.A.W beserta keluarga dan sahabatnya yang merupakan panutan manusia sepanjang zaman serta telah membawa kita dari zaman jahiliyah ke zaman yang terang benderang ini. Amin.

Penyusunan laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademis guna memperoleh gelar sarjani S-1 Teknik Lingkungan di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP) Universitas Islam Indonesia (UII) Yogyakarta. Adapun judul Tugas Akhir yang di ajukan adalah ***“UJI PENGGUNAAN ELEKTRO MEMBRAN ZEOLIT DALAM MENURUNKAN KADAR KROMIUM (Cr) PADA LIMBAH CAIR PENYAMAKAN KULIT”***.

Dalam penulisan laporan ini peneliti banyak mendapatkan bimbingan, bantuan, saran, arahan dan dorongan dari berbagai pihak sehingga laporan ini dapat

diselesaikan dengan baik. Pada kesempatan ini tak lupa penulis juga menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

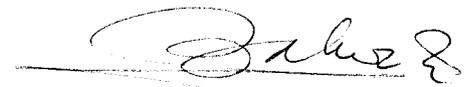
1. Allah SWT yang memberikan ridho dan hidayah-Nya (beri hamba kesempatan untuk membahagiakan orang-orang yang tak pernah berhenti menyayangiku) serta Nabi Muhammad S.A.W beserta keluarga, para sahabat dan pengikut-pengikut-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan ini.
2. Kepada Abah dan Ema tercinta yang selalu mendoakan demi kesuksesan dan kelancaran Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. Kris Tri Basuki, MSc, APU selaku dosen pembimbing I yang telah banyak membantu dan meberikan bimbingan.
4. Bapak Luqman Hakim, ST, MSi selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberi masukan yang sangat berarti.
5. Bapak Imam Prayogo, dan seluruh staf dari P3TM (Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Maju) BATAN (Badan Tenaga Nuklir Nasional) Yogyakarta lainnya yang telah banyak membantu penulis secara langsung maupun tidak langsung.
6. Bapak Ir. H. Kasam, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan.
7. Bapak Andik Yulianto, ST atau Bapak Eko Sisiwoyo, ST selaku koordinator Tugas Akhir (TA).
8. Bapak Hudori, ST, Mas Agus yang telah dengan sabar melayani saya dalam membuat surat adminitrasi, surat tugas, dll (semoga Allah mencatat amal kebbaikannya).

9. Buat Ike Kusuma Ardani tersayang yang slalu mendukungku dan membuatku bersemangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Semua teman teman teknik lingkungan, temen-temen kos, dan rekan - rekan yang lainnya yang tak bisa disebut satu persatu terima kasih atas bantuan, doa, dan kebersamaannya yang begitu sangat berarti.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah berperan baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan, untuk itu penulis menerima saran, kritikan dan dorongan dari berbagai pihak, semoga Allah membalas budi baik yang telah diberikan. Dan berharap semoga dengan adanya laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat guna menambah pengetahuan dan wawasan bagi yang membacanya. Amin.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Yogyakarta, Agustus 2005



BACHRUN FITRI AMIN

00513076

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
ABSTRACT	xv
ABSTRAKSI	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penyamakan Kulit.....	6
2.2 Bahan Baku dan Proses Penyamakan kulit.....	7

2.2.1 Bahan Penyamakan Kulit.....	7
2.2.2 Proses Penyamakan Kulit.....	8
2.2.3 Sumber dan Karakteristik Limbah Penyamakan Kulit.....	11
2.3 Kromium.....	12
2.3.1 Krom (Cr) dalam Lingkungan.....	16
2.3.2 Kegunaan Krom (Cr) dalam Kehidupan.....	17
2.3.3 Keracunan Kromium.....	18
2.4 Zeolit.....	19
2.4.1 Mineral Zeolit.....	19
2.4.2 Sifat-sifat Zeolit.....	26
2.4.3 Penggolongan zeolit.....	28
2.5 Teknologi Membran.....	31
2.5.1 Klasifikasi Membran.....	31
2.6 Elektrodialisis.....	33
2.6.1 Arus Listrik.....	34
2.6.2 Elektroda (anoda dan Katoda).....	35
2.6.3 Potensial Elektroda.....	38
2.7 Membran Elektrodialisis.....	38
2.8 Elektro Membran Zeolit.....	40
2.9 Hipotesis.....	41

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian.....	42
3.2 Jenis Penelitian.....	42
3.3 Waktu Penelitian.....	42
3.4 Variabel Penelitian.....	42
3.5 Bahan dan Alat.....	43
3.5.1 Bahan.....	43
3.5.2 Alat.....	43
3.5.3 Aktivasi Zeolit.....	43
3.5.4 Desain Pembuatan Alat Proses Elektro Membran zeolit.....	44
3.5.5 Pembuatan Membran Zeolit.....	50
3.5.6 Proses Pengolahan Elektro Membran Zeolit.....	51
3.6 Metode Pengumpulan Data.....	52
3.7 Tahap Pelaksanaan.....	52
3.8 Analisa Data.....	53

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Aktivasi zeolit.....	54
4.2 Hasil Uji Pengukuran Kadar Krom Terjerap dengan Variasi Larutan Elektrolit dan Tegangan 0 Volt.....	55
4.3 Hasil Uji Pengukuran Kadar Krom Terjerap dengan Variasi Larutan	

Elektrolit dan Tegangan 15 Volt.....	58
4.4 Hasil Uji Pengukuran Kadar Krom Terjerap dengan Variasi Larutan	
Elektrolit dan tegangan 25 Volt.....	60
4.5 Hasil Uji Pengukuran Kadar Krom Terjerap dengan Variasi Larutan	
Elektrolit dan Tegangan 35 Volt.....	63
4.6 Pengaruh Membran Zeolit dalam Menurunkan Kadar Krom.....	69
4.7 Pengaruh Tegangan Listrik Terhadap Penurunan Kadar Krom.....	72
4.8 Aplikasi Alat Proses Elektro membran zeolit.....	74

BABA V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	76
5.2 Saran.....	77

LAMPIRAN

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
Tabel 2.1	Sumber dan Jenis Buangan Industri Penyamakan Kulit.....	12
Tabel 2.2	Beberapa Sifat Fisik Logam Kromium.....	14
Tabel 2.3	Klasifikasi Zeolit.....	24
Tabel 2.4	Perbedaan Zeolit dengan Tanah Lempung.....	26
Tabel 2.5	Klasifikasi Proses Pemisahan membran Berdasarkan <i>Driving Force</i>	32
Tabel 4.1	Kadar Cr dengan Variasi Larutan Elektrolit 0,01 N dan tanpa Tegangan listrik.....	55
Tabel 4.2	Kadar Cr dengan Variasi Tanpa Larutan Elektrolit dan tanpa Tegangan listrik.....	55
Tabel 4.3	Kadar Cr dengan Variasi Tanpa Larutan Elektrolit dan Tegangan Listrik 15 Volt.....	58
Tabel 4.4	Kadar Cr dengan Variasi Larutan Elektrolit 0,01 N dan Tegangan Listrik 15 Volt.....	58
Tabel 4.5	Kadar Cr dengan Variasi Tanpa Larutan Elektrolit dan Tegangan Listrik 25 Volt.....	60
Tabel 4.6	Kadar Cr dengan Variasi Larutan Elektrolit 0,01 N dan Tegangan Listrik 25 Volt.....	61
Tabel 4.7	Kadar Cr dengan Variasi Tanpa Larutan Elektrolit dan Tegangan Listrik 35 Volt.....	63

Tabel 4.8 Kadar Cr dengan Variasi Larutan Elektrolit 0,01 N dan

Tegangan Listrik 35 Volt..... 64

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Tabel	Halaman
Gambar 2.1	Tetrahidroalumina dan Silika (TiO_4) pada Struktur Zeolit.....	22
Gambar 2.2	Unit Bangunan Skunder Struktur Zeolit.....	23
Gambar 2.3	Struktur stereotip mordernit.....	25
Gambar 2.4	Struktur stereotip klinoptilolit.....	26
Gambar 3.1	Pengepresan Zeolit Untuk Pembentukan Membran Zeolit.....	45
Gambar 3.2	Membran zeolit-H dan Membran zeolit-P yang telah dcetak dengan alat pres dan sudah dikalsinasi dalam suhu 400°C	46
Gambar 3.3	Tabung elektrodialisis.....	46
Gambar 3.4	Pembuatan Elektroda.....	47
Gambar 3.4	Tempat Pemasangan Membran Zeolit.....	48
Gambar 3.5	Desain Alat Proses.....	48
Gambar 3.6	Alat Proses Membran Zeolit.....	49
Gambar 3.7	Diagram Pembuatan Cell Elektro Membran Zeolit.....	50
Gambar 3.8	Alat Elektrodialisis Untuk Pengolahan Limbah Penyamakan.....	51
Gambar 4.1	Grafik Pengaruh Hubungan Variasi Larutan Elektrolit dengan Tegangan 0 Volt.....	57
Gambar 4.2	Grafik Perngaruh hubungan antara larutan Elektrolit dengan Tegangan 15 Volt.....	59

Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Hubungan antara Variasi Larutan Elektrolit dengan Tegangan 25 Volt.....	62
Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Hubungan antara Variasi Larutan Elektrolit dengan Tegangan 35 Volt.....	66
Gambar 4.5 Rangkuman Grafik Hasil Analisa Variasi Tegangan Listrik Tanpa larutan Elektrolit 0.00 N HNO ₃	67
Gambar 4.6 Rangkuman Grafik Hasil Analisa Variasi Tegangan Listrik dengan Penambahan Larutan elektrolit 0,01 N HNO ₃	68
Gambar 4.7 Padatan berpori pada membran Zeolit pembesaran 500 X sebelum dipakai dalam alat proses.....	70
Gambar 4.8 Pengaruh Tegangan Listrik pada Proses elektrolisis dalam Penurunan konsentrasi Krom (Cr).....	72

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN 1. KEPUTSAN GUBERNUR KEPALA DAERAH ISTIMEWA
YOGYAKARTA NOMOR 281/KPTS/1998 BAKU MUTU
LIMBAH CAIR UNTUK INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT
- LAMPIRAN 2. ALAT-ALAT PENELITIAN
- LAMPIRAN 3. PERIZINAN DAN HASIL LABORATORIUM
- LAMPIRAN 4. POTENSIO ELEKTRO
- LAMPIRAN 5. HASIL KEGIATAN PENELITIAN
- LAMPIRAN 6. PERHITUNGAN EFISIENSI PENURUNAN KONSENTRASI
KROM

ABSTRACT

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. Zeolite has a hollow space structure and usually this hollow space is filled by water and cation that can be exchanged and has pores in its structure. In this analysis test it used material of zeolite and voltage constituting an chemical-electro process resulted from a direct current. The present study was done by variation of electrolyte solutions 0,00 N and 0,01 N HNO₃ and voltages of 0, 12, 25, 35 volt and in time interval the taking of samples are 0; 60; 120; 180; 240; 320; 400 minutes. With existence of zeolite membrane it is hoped it will occur absorption, cation and anion exchanges in liquid waste substance of skin tanning in the form of chromium. From results of the study it was known that the best efficiency in reducing the chrome concentration is in the variation without electrolyte solution that is in the voltage of 15 volt as big as 81,26%, while in the variation of electrolyte solution addition the best efficiency is in 25 volt as big as 82,65%.

Key word : *zeolite, membrane, chemical-electro*

ABSTAKSI

Zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal alumina silikat (AlO₄ dan SiO₄) 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 reversibel. Zeolit mempunyai struktur berongga dan biasanya rongga ini diisi oleh air dan kation yang bisa dipertukarkan dan memiliki pori dalam strukturnya. Dalam uji analisis ini memanfaatkan bahan material zeolit dan tegangan listrik yang merupakan proses elektrokimia yaitu perpindahan ion-ion melintasi membran selektif anion dan kation menuju elektoda yang terakibatkan oleh aliran arus searah (*Direct Current*). Penelitian dilakukan dengan variasi larutan elektrolit 0,00 N dan 0,01 N HNO₃ dan tegangan listrik 0, 15, 25, 35 volt dan pada interval waktu pengambilan sampel adalah 0 ; 60 ; 120 ; 180 ; 240 ; 320 ; 400 menit. Dengan adanya membran zeolit diharapkan terjadinya penyerapan, pertukaran kation dan anion dalam substansi limbah cair penyamakan kulit berupa kromium. Hasil penelitian diketahui efisiensi terbaik dalam menurunkan konsentrasi krom yaitu pada variasi tanpa larutan elektrolit yakni pada tegangan listrik 15 volt sebesar 81,26 %, sedangkan pada variasi penambahan larutan elektrolit efisiensi terbaik pada tegangan 25 volt sebesar 82,65 %.

Kata Kunci : Zeolit, membran, elektrokimia.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dan industri yang pesat dewasa ini ternyata membawa dampak bagi kehidupan manusia, baik dampak yang bersifat positif maupun dampak yang bersifat negatif. Dampak yang bersifat positif memang diharapkan oleh manusia dalam rangka meningkatkan kualitas dan kenyamanan hidup. Namun dampak yang bersifat negatif tidak diharapkan karena dapat menurunkan kualitas dan kenyamanan hidup, dan harus diatasi dengan sebaik-baiknya.

Kekhawatiran atas masalah lingkungan yang dapat mengurangi kualitas dan kenyamanan hidup mulai tampak sejak akhir pertengahan abad ke-20 ini. Hal ini tampak antara lain bertambahnya perbendaharaan kata-kata yang dijumpai saat ini, seperti ekologi, polusi, intrusi, efek rumah kaca, hujan asam dan lain-lain. Istilah-istilah ini menunjukkan adanya kekhawatiran tersebut.

Pencemaran air merupakan salah satu permasalahan serius yang sedang kita hadapi saat ini disamping pencemaran udara dan pencemaran daratan yang juga tidak kalah pentingnya. Pengertian dasar pencemaran air dapat diartikan sebagai masuknya bahan atau zat asing didalam air yang menyebabkan perubahan susunan/komposisi air dari keadaan normalnya. Pencemaran air terjadi karena limbah cair langsung dibuang ke badan air tanpa mengalami pengolahan terlebih dahulu atau sudah melalui proses pengolahan limbah namun belum memadai (Wardhana Wisnu Arya, 1995).

Salah satu komponen yang menyebabkan pencemaran air adalah bahan buangan anorganik, diantaranya logam berat yang berbahaya. Bahan buangan anorganik pada umumnya berupa limbah industri yang tidak membusuk dan sulit di degradasi oleh mikroorganisme. Apabila buangan anorganik masuk kedalam air lingkungan, maka akan terjadi peningkatan jumlah ion logam di dalam air.

Bahan buangan anorganik biasanya berasal dari industri pelapisan logam, industri elektronika dan industri kimia. Salah satu industri yang berpotensi sebagai pencemar lingkungan oleh logam adalah industri penyamakan kulit. Bahan kimia sebagai pencemar tersebut antara lain sulfida krom dan ammonia.

Limbah dari industri penyamakan kulit menghasilkan limbah cair yang mengandung partikel-partikel krom sangat tinggi dan berpotensi merusak lingkungan. Bahwa krom yang ada pada limbah penyamakan kulit berada dalam bentuk valensi tiga (Cr^{+3}) yang tidak berbahaya, kemungkinan adanya krom valensi enam (Cr^{+6}) yang bersifat karsinogenik. Selain itu ada kemungkinan krom valensi tiga (Cr^{+3}) biasa berubah menjadi valensi enam (Cr^{+6}) karena proses oksidasi di alam bebas. Krom valensi enam dapat menyebabkan kanker paru-paru dan penyakit kulit (Purdom 1980). Benefield (1982) mengatakan bahwa krom valensi enam merupakan racun bagi manusia jika tertelan dan menyebabkan tumor paru-paru bila terhirup.

Dengan melihat kenyataan diatas bahwa limbah cair penyamakan kulit sangat membahayakan, maka sebelum dibuang ke lingkungan harus diolah terlebih dahulu. Sehingga nantinya diharapkan kandungan krom (Cr) yang

terkandung di dalam limbah tersebut banyak berkurang hingga di bawah ketentuan yang berlaku kadar maksimal yang diperbolehkan untuk unsur krom adalah 0,5 ppm hal ini berdasarkan Ka. Bapedal No 04/BAPEDAL/09/95.

Salah satu alternatif alat proses sederhana untuk pengolahan limbah penyamakan kulit yang didominasi logam Cr yaitu dengan cara "Elektro Membran zeolit" yang terbuat dari bahan lokal zeolit. Dengan dialiri arus listrik searah (DC), maka akan terjadi proses elektrokimia yakni terjadi pemisahan elektrokimia dengan ion-ion berpindah melintasi membran selektif anion dan kation dari larutan limbah tersebut, sehingga terjadi pertukaran ion, maka effluent diharapkan sudah tidak mengandung krom lagi (Hartomo & Wdiatmoko, 1994).

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian tersebut diatas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

- a. Apakah tegangan listrik dan jumlah larutan elektrolit berpengaruh terhadap penurunan kadar krom?
- b. Berapa efisiensi penurunan kandungan logam khrom limbah penyamakan kulit setelah diolah dengan elektro membran zeolit?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui pengaruh tegangan listrik dan jumlah larutan elektrolit terhadap penurunan kadar krom

- b. Mengetahui efisiensi penurunan kandungan krom setelah melewati elektro membran zeolit dalam pengolahan limbah kulit.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

- a. Mendapatkan metode alternatif pengolahan limbah kulit
- b. Didapatkan alat proses rekayasa sederhana untuk keperluan pengolahan limbah kulit
- c. Masukan/alternatif bagi perusahaan/industri yang mempunyai sisa kandungan logam berat dalam upaya mereduksi logam tersebut pada limbah cair.
- d. Sebagai penambah wawasan pengetahuan dibidang pengolahan limbah cair.

1.5 Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini akan dibatasi pada masalah :

- a. Limbah cair yang diambil dari sisa proses pabrik kulit
- b. Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium
- c. Parameter yang akan diteliti adalah kandungan krom
- d. Penelitian dilakukan dengan elektro membran zeolit
- e. Pemakaian larutan elektrolit 0 dan 0.01 N HNO₃
- f. Tegangan yang dipakai adalah 0 ; 15 ; 25 dan 35 V

- g. Interval waktu pengambilan sampel adalah 0 : 60 : 120 : 180 : 240 : 320 : 400 menit.

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 (Sarpphouse, 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.

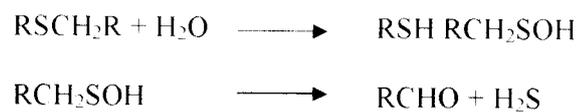
3) Pengapuran

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, etal " 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 alumunium 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)	
$M^{2+}_{(aq)} + 2e \longrightarrow M_{(s)}$	-0,56
$M^{3+}_{(aq)} + e \longrightarrow M^{2+}_{(aq)}$	-0,41

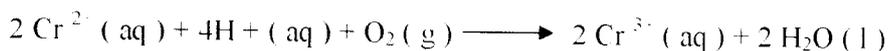
(Sumber : Achmad, H, 1992 kimia unsur dan radio kimia)

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 amfoter 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 khrom sebesar 10 ppm ke udara, sedangkan dari pembakaran minyak bumi akan terlepas khrom 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.

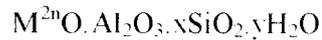
Pada tahun 1984 Professor Joseph V. Smith ahli kristalografi Amerika Serikat mendefinisikan zeolit sebagai :

"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

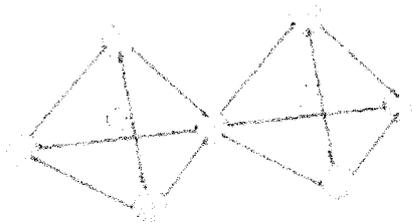
n : valensi logam alkali

x : bilangan tertentu (2 s/d 10)

y : bilangan tertentu (2 s/d 7)

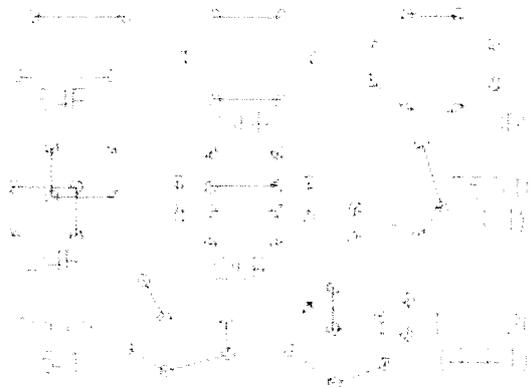
(Mursi Sutarti dan Minta Rachmawati. 1994)

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

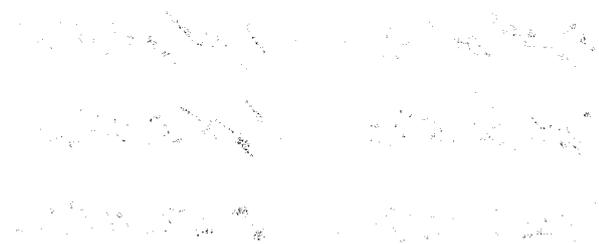
Zeolit	Rumus kimia	UBS
Grup Analsim		
Analsim	$\text{Na}_{16}[\text{Al}_{16}\text{Si}_{31}\text{O}_{96}]6\text{H}_2\text{O}$	S4R
Wairakit	$\text{Ca}_8[\text{Al}_{16}\text{Si}_{31}\text{O}_{96}] 6\text{H}_2\text{O}$	S4R
Grup Natrolit		
Natrolit	$\text{Na}_{16}[\text{Al}_{16}\text{Si}_{24}\text{O}_{80}]6 \text{H}_2\text{O}$	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	$[\text{Al}_{12} \text{P}_{12}\text{O}_{48}] (\text{C}_3\text{H}_7)_4 \text{NOH } q \text{H}_2\text{O}$	S4R, S6R

Pada struktur zeolit, semua atom Al dalam bentuk tertrahedra 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 tertrahedra 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
Penukar kation	sedang	rendah
Penyaring Molekul	tinggi	rendah
Katalis	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 pervalorasi (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)

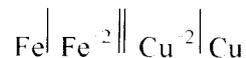
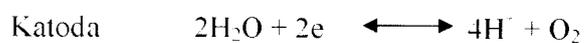
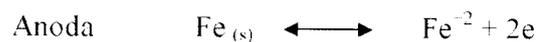
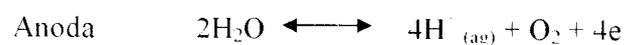
2.6.2 Elektroda (Katoda dan Anoda)

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 :

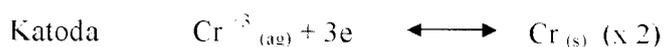
1. Elektroda Platina
2. Elektroda Carbon
3. DSE (*Domenially Stable Elektrode*)

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 kecenderungan 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 :



S_2O_8^{-} akan terkumpul dan terakumulasi pada membrane Zeolit. Dan hasil akhir pada penolakan 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 : $Cr^{3+} + 3 e^- \longrightarrow Cr$

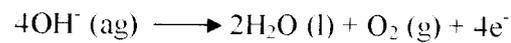


4. Pada anoda terjadi reaksi oksidasi terhadap anion (ion negatif). Anoda yang terbuat dari logam mulia seperti platina, emas, dan batang grafit tidak mengalami reaksi oksidasi. Bila anoda terbuat dari selain Pt, Au, C akan mengalami reaksi sebagai berikut : $Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2 e^-$

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^0 . Makin mudah mengalami reduksi, makin besar potensial elektroda yang ditimbulkan (Ansory Irfan, 1998).

Elektroda hidrogen dipakai sebagai standar dalam menentukan harga E^0 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^0 negatif, logam-logam yang sebelah kanan H memiliki E^0 positif.
2. Semakin kekanan letak suatu logam deret volta, harga E^0 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.

BAB III

METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di laboratorium Bidang Tekno Fisika, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Maju – Badan Tenaga Nuklir Nasional (P3TM-BATAN) Yogyakarta.

3.2 Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam penelitian eksperimen yang dilaksanakan dalam skala laboratorium.

3.3 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan mulai bulan Mei 2005 sampai dengan bulan Juli 2005 yang dilanjutkan dengan pengolahan data dan penyusunan laporan akhir.

3.4 Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah sebagai berikut:

1. Jumlah larutan elektrolit HNO_3 sebesar : 0.00 N dan 0.01 N
2. Tegangan pada saat peristiwa elektrokimia terjadi: 0 Volt, 15 Volt, 25 Volt, dan 35 Volt.
3. Dalam penelitian ini adalah kandungan krom (Cr)

3.5 Bahan dan Alat

3.5.1 Bahan

- Sampel limbah penyamakan kulit
- Zeolit Alam
- Aquadest
- HF 48 %, HCl 37 % E. Merck
- $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$
- NH_4Cl
- Tabung kaca
- Lem kaca

3.5.2 Alat

- Tabung elektrodialisis
- Alat-alat gelas
- Digital multimeter
- Elektroda Fe dan Cu
- Oven
- Timbangan Analitik Sartorius (6 digit dibelakang koma)
- Press untuk membuat membrane
- pH meter merek Jenway
- Peralatan gelas

3.5.3 Aktivasi zeolit

Zeolit alam direndam dengan aquades selama 24 jam, lalu disaring dan dikeringkan pada suhu $110\text{ }^\circ\text{C}$ selama 3 jam. Zeolit kemudian direndam dengan HF

2.00 M (perbandingan b/v 1:2) selama 15 menit. kemudian dicuci sampai netral dan dikeringkan pada suhu 120 °C selama 3 jam (pembuatan larutan HF 2.00 M yakni larutan HF 48 % diambil sebanyak 70.66 ml dan diencerkan dengan aquadest sampai volume 1 liter). Zeolit selanjutnya dipanaskan dengan HCl pada konsentrasi 0.10 M. pada suhu 130oC selama 60 menit. sambil diaduk dengan pengaduk magnetik. (pembuatan larutan HCl yakni larutan HCl 37 % diambil sebanyak 165.0 ml dan diencerkan dengan aquades sampai volume 1 liter. dari larutan induk HCl kemudian dibuat konsentrasi 0.10 M). Kemudian zeolit disaring, dinetralkan, dan dikeringkan pada suhu 130oC selama 3 jam. Selanjutnya zeolit direndam dengan NH₄Cl konsentrasi 1.00 M selama satu minggu sambil diaduk 3 kali sehari. kemudian zeolit dipanaskan pada suhu 90°C selama 2 jam. lalu disaring, dicuci sampai netral dan dikeringkan pada suhu 130oC selama 3 jam (pembuatan larutan NH₄Cl 2.00 M yakni NH₄Cl ditimbang sebanyak 107 g dan dilarutkan dengan aquadest sampai volume 1 liter.. Dari larutan induk 2.00 M kemudian dibuat dengan konsentrasi 1.00 M) Sebaliknya pembuatan larutan NH₅H₂PO₄ dan sampai proses selanjutnya . Zeolit ini kemudian dikalsinasi pada suhu 400oC selama 5 jam.

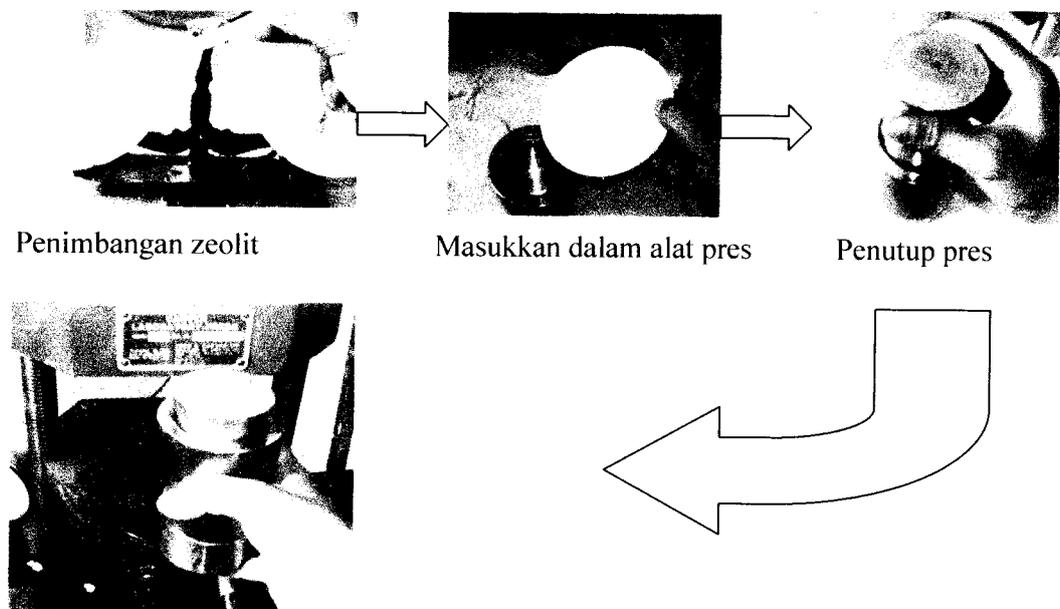
3.5.4 Desain Pembuatan Alat proses Elektro Membran Zeolit

Rancangan alat elektro membran yang terbuat dari bahan zeolit alam dan bahan kaca dengan penaruhan membran didalamnya. diameter tabung 6.7 cm dan diameter membran zeolit 6.3 cm dimodif sedemikian rupa agar diameter membran dapat dipasang dalam tabung reaktor alat proses elektro membran zeolit. Bentuk

membran dalam alat proses berbentuk bulat, adapun bentuk membran dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah ini, sebagai berikut:

1. Pembuatan membran zeolit

Proses pembuatan membran dengan menggunakan dari bahan zeolit alam yang telah diaktifasi sesuai dengan fungsi penggunaannya sebagai penukar ion. Zeolit diproses dahulu dengan melalui beberapa tahap antara lain dengan melalui perendaman, pencucian sampai didapatkan zeolit-H yang bermuatan negatif dan zeolit-P yang bermuatan positif. Pada alat proses terpasang dua membran semipermeabel terdiri dari membran zeolit-H dan zeolit-P, berat masing-masing membran tersebut seberat 10 gram dan diameter membran 5,8 cm.



Gambar 3.1 Pengepresan Zeolit Untuk Pembentukan Membran Zeolit



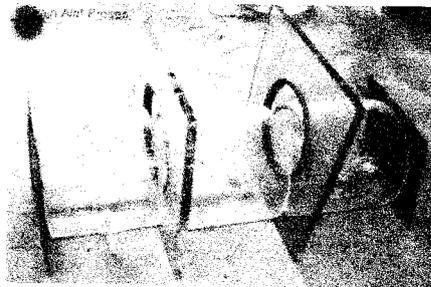


Gambar 3.2 Membran zeolit-H dan Membran zeolit-P yang telah dicetak dengan alat pres dan sudah dikalsinasi dalam suhu 400°C

Membran yang telah diaktifasi dan dicetak dengan alat pres seberat 3.5 ton Untuk mengaktifkan masing-masing zeolit disamping ini, maka kedua membran zeolit-H dan zeolit-P diaktifkan dengan cara dipanaskan pada suhu 400 °C.

2. Pembuatan tabung elektrodialisis

Tabung elektrodialisis dibuat dar bahan kaca dengan diameter 6.7 cm, panjang tabung elektroda ke membran 6.8 cm dan lubang inlet dan outletnya dengan diameter 0.3 cm (untuk koneksi selang).

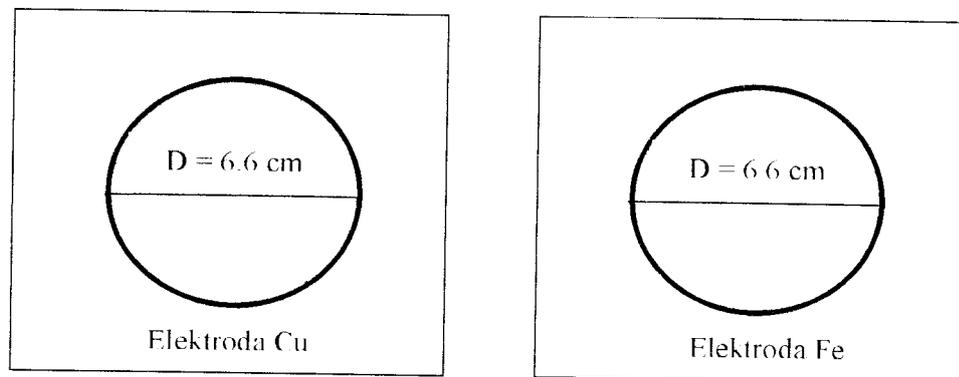


Gambar 3.2 Tabung elektrodialisis

Tabung dibuat sebanyak 3 buah untuk disambungkan terhadap membran yang akan di pasang pada alat elektro membran zeolit.

3. Pembuatan elektroda katoda dan anoda

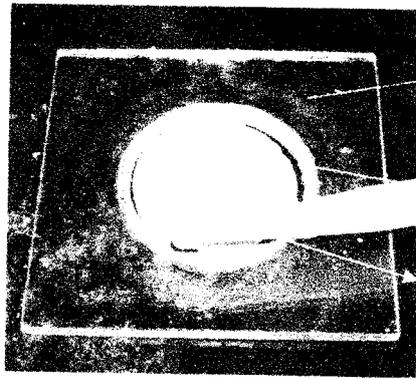
Katoda dibuat dari bahan lempengan tembaga (Cu). tembaga tersebut dibuat berbentuk persegi empat dengan panjang sama sisi dengan panjang 8 cm. ketebalan 1 mm dan elektroda yang berkontak pada tabung dengan diameter 6.7 cm. Sedangkan pada anoda dibuat dari besi (Fe). bentuk dan ukuran dibuat sama dengan ukuran pada katoda.



Gambar 3.3 Bentuk Pembuatan Elektroda

4. Pemasangan membran zeolit

Telah disiapkan tempat membran kaca yang akan digunakan untuk membran zeolit sebagai media penyaring parameter yang akan diteliti. Membran zeolit berdiameter 5.8 cm ditempatkan pada lubang kaca yang telah disiapkan. agar tidak terjadi pelepasan digunakan bahan perekat lem kaca. Pada sisi membran zeolit terdapat ganjal yang terbuat dari potongan pipa agar tidak mudah lepas dan terhindar adanya kebocoran pada membran zeolit yang akan digunakan.



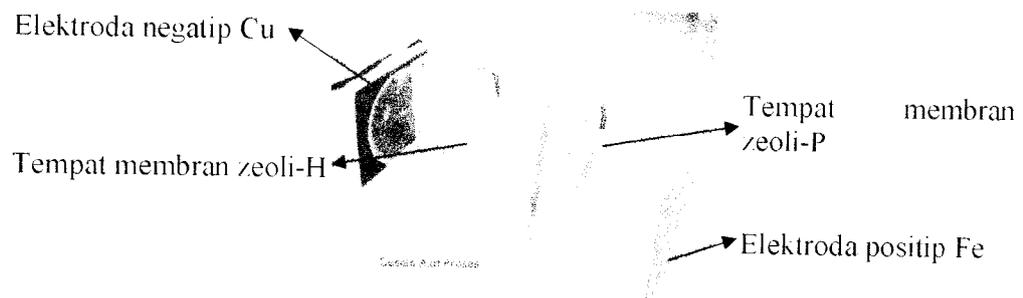
Kaca sebagai media penyambung pada tabung alat elektrolisis

Pipa pvc ditempatkan pada lubang sebagai penmpatan bahan perekat pada membran

Lem kaca untuk bahan perekat pada sisi membran terhadap sisi pipa pvc.

Gmabar 3.4 Tempat Pemasangan Membran Zeolit

5. Perakitan tabung elektodialisis



Gambar 3.5 Desain Alat Proses

Untuk pemasangan elektroda pada tabung dengan memakai lem kaca secara merata pada tabung agar tidak terjadi kebocoran, sedangkan pemasangan membran zeolit di ujungnya diberi bantalan berupa potongan paralon dan penempelannya dengan lem. Begitupun penyambungan tiap tabung dengan menggunakan lem kaca. Dalam pengujian pengolahan limbah penyamakan kulit ini dilakukan dalam skala laboratorim, dengan variasi tegangan, laruatan elektrolit dan selang waktu pengambilan sampel. Alat proses elektro membran zeolit yang siap digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.4 sebagai berikut :



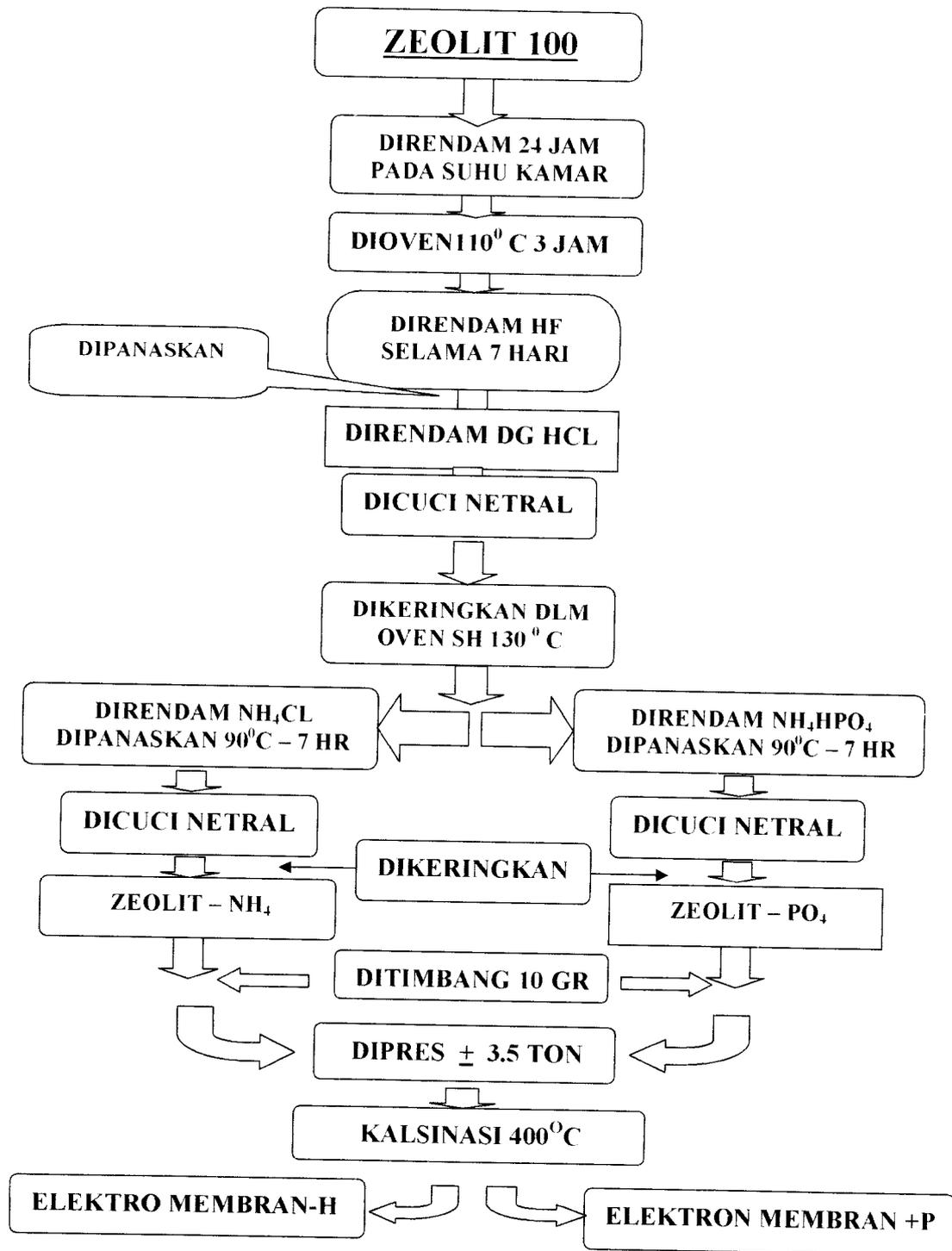
Desain Elektro Membran Zeolit

Gambar 3.6 Alat Proses Membran Zeolit

Dimana spesifikasi tabung alat proses elektro membran zeolit adalah sebagai berikut :

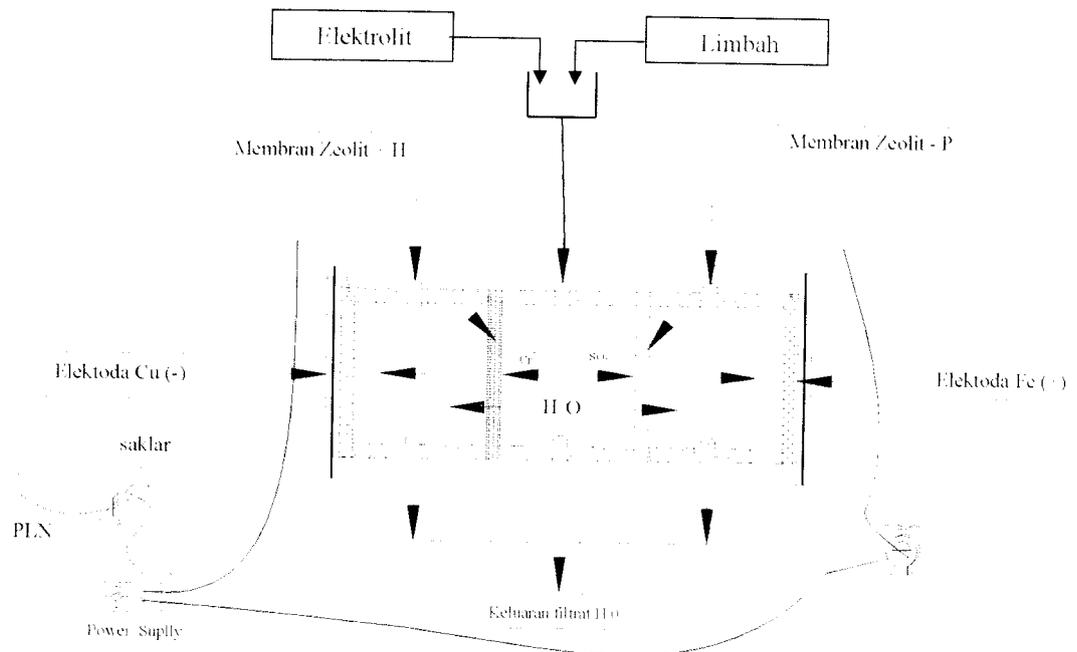
- Diamter tabung 6.7 cm
- Panjang tabung 6.8 cm
- Diameter elektroda 6.6 cm
- Luas tiap tabung $A = \frac{1}{4} \pi d^2 \times l$
- Berat membran zeolit 10 gram dengan tebal 4.2 mm
- Diameter membran zeolit 6.5 cm
- Tekanan pengepresan 3.5 ton
- Jarak antar masing-masing elektroda dengan membran 6.8 cm
- Jarak antar elektroda negatif (Cu) dengan elektroda positif (Fe) sebesar 21.73 cm
- Kecepatan laju alir input = output 20 ml / 8 menit
- Debit limbah dalam pengujian adalah 500 ml limbah + 500 aquades (aquades + elektrolit)

3.5.5 Pembuatan cell elektro membrane padat dari Zeolit-H dan Zeolit-P.



Gambar 3.7 : Diagram Pembuatan Cell Elektro Membrane Zeolit

3.5.6 Proses pengolahan limbah penyamakan kulit dengan elektro membran zeolit



Gambar 3.8 : Alat Elektrodialisis Untuk Pengolahan Limbah Penyamakan kulit menggunakan elektro membran zeolit

Cara Kerja

- 1) Merangkai alat elektrolisis, membran kation (zeolit +H) dan (zeolit -P) dipasang pada pipa PVC
- 2) Memasang slang-slang infuse dan slang keluaran
- 3) Katoda dan anoda dari alat elektrodialisis dihubungkan dengan power supply
- 4) Larutan HNO_3 dimasukkan (berfungsi sebagai larutan eletrolit penghubung arus) kedalam sel elektrodialisis
- 5) Dialiri arus listrik searah (DC)

- 6) Setelah arus kontak, umpan limbah penyamakan kulit dimasukkan. Melalui elektromembran zeolit, ion Cr akan ditarik oleh elektroda negatif dan menempel pada elektro membran H sedangkan sisanya akan ditarik oleh elektroda Cu sebagai katoda. Ion oksida (SO_4) akan menempel pada elektro membrane-P, sedangkan sisanya ditarik oleh elektroda Fe sebagai anoda.
- 7) Didapatkan keluaran sisa filtrate air (H_2O) sebagai effluent yang tidak terikat oleh elektro membran atau terjadi penurunan konsentrasi Cr.
- 8) Hasil keluaran alat proses ditampung dalam botol plastic untuk dilakukan analisis logam Cr dengan menggunakan alat analisis Spektrofotometri Serapan Atom.

3.6. Metode Pengumpulan Data

Semua data diperoleh dengan pengukuran dan pemeriksaan limbah cair dari penyamakan kulit sebelum proses (limbah awal) dan sesudah melalui alat proses rekayasa pengolahan.

3.7. Tahap Pelaksanaan

Tahap Prapenelitian sebagai berikut :

- Merancang alat, menggambar alat, membuat alat proses dan optimasi alat
- Pengaktifan membran zeolit/modifikasi zeolit
- Pengambilan sampel limbah penyamakan kulit

- Uji konsentrasi awal limbah Cr

Tahap Penelitian sebagai berikut

- Pemasangan membran zeolit pada reaktor/alat proses
- Uji penggunaan alat proses
- Pemakaian alat proses
- Pengambilan sampel dari tampungan limbah yang telah melewati alat proses
- Analisa hasil pengolahan alat proses
- Analisa kualitas data dan pembuatan laporan hasil

3.8 Analisa Data

Effluent hasil alat proses pengolahan dianalisa di laborat dan untuk mengetahui efisiensi penurunan kadar khrom dari hasil pengolahan alat proses ini, maka :

Perhitungan efesiensi

Kadar Cr dapat diketahui dari hasil analisis menggunakan alat Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Besar efesiensi dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$E = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\%$$

Dimana :

E = Efisiensi

C₁ = Kadar Cr sebelum pengolahan

C₂ = Kadar Cr setelah pengolahan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Aktivasi Zeolit

Aktivasi zeolit dilakukan seperti pada prosedur kerja bab III (3.5.3). Perendaman zeolit dalam akuades selama 24 jam dilakukan untuk membersihkan kotoran pada zeolit. Sedangkan perendaman dengan asam florida (HF) dilakukan untuk melarutkan silikon bebas dan kation-kation yang ada pada struktur non krangka zeolit, sehingga zeolit yang telah direndam dalam larutan asam florida akan menjadi lebih bersih dan bebas dari silikon dan kation-kation yang sudah larut dalam larutan asam florida. Hal ini memudahkan terjadinya reaksi antar asam klorida (HCl) dengan alumunium (dealuminasi) dan kation-kation (dekationisasi) yang ada di krangka zeolit pada saat pemanasan zeolit dengan asam klorida. Dealuminasi dan dekationisasi dan berhubungan dengan proses selanjutnya yaitu pembuatan zeolit-H yang dilakukan merendam zeolit dalam larutan NH_4Cl . perendaman ini bertujuan untuk memasukkan gugus NH_4^+ dalam zeolit, kemudian setelah dipanaskan pada kalsinasi, zeolit- NH_4^+ diharapkan akan menjadi zeolit-H dengan melepaskan NH_3 . Ion H^+ pada zeolit-H akan dapat dipertukarkan dengan ion lain sesuai dengan penggunaan zeolit tersebut. Sehingga untuk membuat zeolit-P dapat dilakukan dengan proses diatas hanya membedakan dengan larutan $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ pada perendaman zeolit, zeolit PO_4 akan menjadi zeolit-P yang bermuatan positif dengan melepaskan 2O_2 (Budiasih, 2004).

4.2 Hasil Uji Pengukuran Kadar Krom Terjerap dengan Variasi Larutan Elektrolit dan Tegangan 0 Volt

Sampel air limbah diambil dari limbah Penyamakan kulit PT. ASA Yogyakarta dengan kadar limbah awal sebesar 95.23 mg/l. Penggunaan alat proses elektro membran zeolit dioperasikan dengan satu kali putaran dan dengan kecepatan alir 20 ml/ 8 menit. Pengolahan berlangsung secara batc selama 400 menit (volume 500 ml limbah + 500 ml aquades). pengambilan sampel dengan selang waktu 60 menit.

Hasil pengukuran kadar Cr total setelah melewati alat proses dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.1 Kadar Cr dengan Variasi Larutan Elektrolit 0.01 N dan Tegangan Listrik 0 Volt

No	Waktu	Selang Waktu	PH	Cr lolos (mg/l)	Cr terjerap (mg/l)	Effisiensi (%)
1	08,30	0	5.45			
2	09,30	60	5.84	0.4167	94.8133	99.5624278
3	10,30	120	5.53	4.645	90.585	95.1223354
4	11,30	160	5.52	6.359	88.871	93.3224824
5	12,30	240	5.57	13.76	81.47	85.5507718
6	13,30	300	5.55	17.24	77.99	81.8964612
7	14,30	360	5.53	21.83	73.4	77.0765515
8	15,30	400	5.55	28.71	66.52	69.8519374
Jumlah rata-rata						75.2978709

(Sumber : Data Primer. 2005)

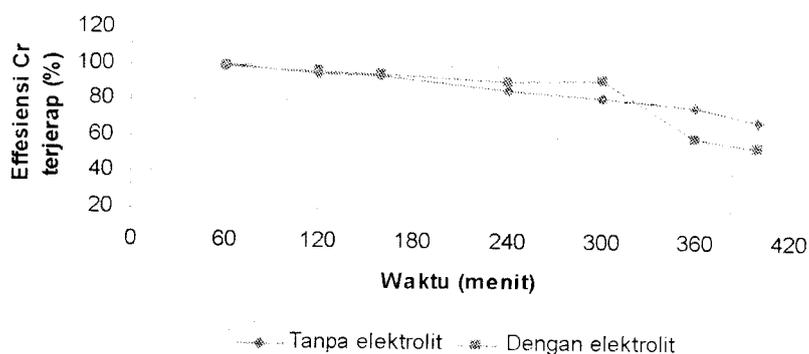
Tabel 4.2 Kadar Cr dengan Variasi tanpa Larutan Elektrolit dan Tegangan Listrik 0 Volt

No	Waktu	Selang Waktu	pH	Cr lolos (mg/l)	Cr terjerap (mg/l)	Effisiensi (%)
1	08,30	0	5.45			
2	09,30	60	4.32	0.983	94.247	98.9677623
3	10,30	120	4.39	3.752	91.478	96.0600651
4	11,30	160	4.29	5.156	90.074	94.5857398
5	12,30	240	4.28	8.261	86.969	91.3252126
6	13,30	300	4.41	7.877	87.353	91.7284469
7	14,30	360	4.67	38.33	56.9	59.7500788
8	15,30	400	4.65	43.28	51.95	54.5521369
Jumlah rata-rata						73.3711803

(Sumber : Data Primer. 2005)

Berdasarkan hasil pengukuran diketahui tabel 4.1 dan tabel 4.2 tampak bahwa limbah percobaan dapat diturunkan kadar pencemarannya yakni pada tabel 4.2 variasi tanpa penggunaan larutan elektrolit terhadap kadar Cr yang terjerap pada membran sebesar 73.37 %. pada tabel 4.1 dengan penggunaan larutan elektrolit ternyata kemampuan efisiensi dalam menurunkan kadar Cr lebih baik dan lebih stabil yakni sebesar 75.29 %. Membran dalam percobaan diatas menunjukkan kemampuannya dalam menurunkan kadar Cr tanpa aliran arus listrik. Membran zeolit dikatagorikan mampu mengolah limbah karena dapat menurunkan kadar Cr yang termasuk limbah logam berat. Zeolit dengan sifatnya sebagai penukar ion atau absorpsi sehingga mampu menjerap ion-ion dalam limbah, proses ini dimungkinkan melalui suatu fenomena antara permukaan media membran dengan molekul-molekul bersifat polar sehingga mudah terjadinya percepatan penukaran ion. . Dapat diketahui adanya penurunan pH setelah melewati alat proses membran zeolit setiap range waktu pengambilan sampel, dibandingkan dengan pH larutan awal sebelum melewati alat proses. Hal ini menunjukkan terjadinya pertukaran ion H^+ dalam zeolit dengan ion logam dalam air limbah. Hasil efisiensi uji alat proses elektro membran zeolit dengan variasi tanpa tegangan listrik dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini

Grafik Pengaruh Hubungan Variasi larutan Elektrolit dengan Tegangan 0 Volt



Gambar 4.1 Grafik pengaruh hubungan variasi larutan elektrolit dengan tegangan 0 Volt

Pada Gambar 4.1 menunjukkan adanya peningkatan sifat polarnya pada limbah yang disebabkan pengaruh variasi penambahan larutan elektrolit yang berupa asam nitrat (HNO_3) sebanyak 0,01 N sehingga mempercepat penukaran ion. akan tetapi pada saat 360 menit terjadi penurunan yang tinggi terhadap kemampuan membran yang kemungkinan terjadinya kejenuhan pada membran tersebut, hingga tidak mampu mengabsorpsi larutan diantara celah kolom membran dan hasil penambahan larutan elektrolit menyebabkan pH naik yakni limbah menunjukkan sifat keasaman, dikarenakan larutan elektrolit tersebut bersifat asam.

Zeolit yang telah teraktivasi dimanfaatkan sebagai penukaran ion ataupun penyaring. Penggunaan zeolit-H (kation) dan zeolit-P (anion) dalam proses berpengaruh pada limbah tersebut, limbah penyamakan kulit yang berupa $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ (krom sulfat) akan melepaskan ion Cr^{3+} dan tertarik pada membran

zeolit-H sebagai katoda, mengambil elektron dan mengalami reduksi. Sebaliknya SO_4^- akan bergerak menuju anoda, melepas elektron dan mengalami oksidasi yakni pada zeolit-P. Fenomena tersebut telah menyebabkan perpindahan gram ekuivalen dari substansi ke elektroda tanpa aliran tegangan listrik, menunjukkan membran zeolit yang telah teraktivasi mampu menukarkan ion pada substansi limbah tersebut.

4.3 Hasil Pengukuran Kadar Krom Terjerap dengan Variasi Larutan Elektrolit dan Tegangan 15 Volt

Tabel 4.3 Kadar Cr dengan Variasi Tanpa Larutan Elektrolit dan Tegangan Listrik 15 Volt

No	Waktu	Ampermeter (mA)	Selang Waktu	pH	Cr lolos (mg/l)	Cr terjerap (mg/l)	Effisiensi (%)
1	08,30	0.39	0	5.45	-	-	-
2	09,30	0.5	60	5.76	0.193	95.037	99.79733277
3	10,30	0.51	120	5.47	0.434	94.796	99.54426126
4	11,30	0.49	180	5.53	0.954	94.276	98.99821485
5	12,30	0.47	240	5.55	1.407	93.823	98.52252441
6	13,30	0.46	300	5.57	7.738	87.492	91.87440932
7	14,30	0.46	360	5.63	15.34	79.89	83.89163079
8	15,30	0.46	400	5.55	21.49	73.74	77.43358185
Jumlah rata-rata							81.25774441

(Sumber : Data Primer, 2005)

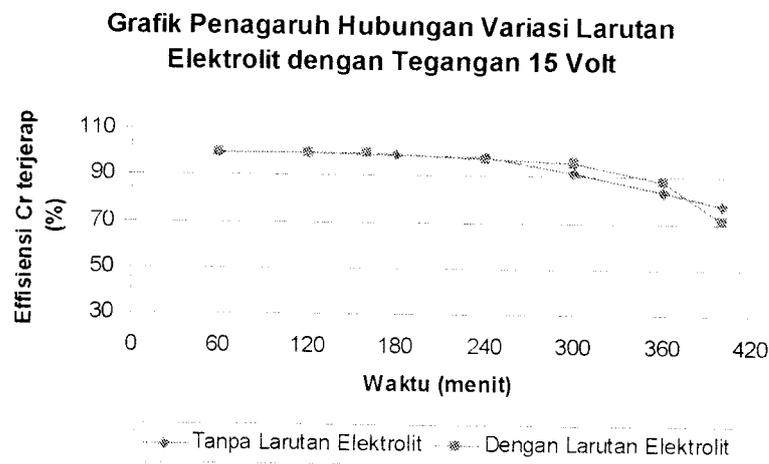
Tabel 4.4 Kadar Cr dengan Variasi Larutan Elektrolit 0,01 N dan Tegangan Listrik 15 Volt

No	Waktu	Ampermeter (mA)	Selang Waktu	pH	Cr lolos (mg/l)	Cr terjerap (mg/l)	Effisiensi (%)
1	08,30	0.4	0	5.45			
2	09,30	0.47	60	4.46	0.26	94.97	99.72697679
3	10,30	0.48	120	4.44	0.383	94.847	99.59781581
4	11,30	0.49	160	4.61	0.437	94.793	99.54111099
5	12,30	0.48	240	4.53	2.475	92.755	97.40102909
6	13,30	0.46	300	4.56	3.444	91.786	96.3834926
7	14,30	0.48	360	4.64	11.67	83.56	87.74545836
8	15,30	0.48	400	4.7	27.79	67.44	70.81801953
Jumlah rata-rata							81.4017379

(Sumber : Data Primer, 2005)

Dari data menunjukkan bahwa hasil pengukuran limbah awal dengan konsentrasi sebesar 95.23 mg/l dapat diturunkan setelah melewati alat proses elektro membran zeolit. dari table 4.3 dan table 4.4 diatas konsentrasi Cr yang lolos (mg/) melewati membran diatas menunjukkan terjadi penurunan konsentrasi kadar Cr yang efektif sebelum melewati alat proses dan setelah melewati alat proses. Pada variasi tanpa penambahan larutan elektrolit sebesar 81.26 %, sedangkan pada variasi penambahan larutan elektrolit sebesar 81.40 %, keduanya tidak mengalami perbedaan yang terlalu tinggi.

Data tersebut menunjukkan adanya proses elektrokimia yaitu proses perpindahan ion-ion melintasi membran selektif anion dan kation menuju elektroda akibat pengaruh tegangan listrik. Dan hasil pengukuran perubahan konsentrasi Cr yang terjerap dengan variasi larutan elektrolit yang termuat pada tabel 4.3 dan tabel 4.4 diatas. dari kedua table tersebut dapat dibuat grafik hubungan antara variasi larutan elektrolit dengan tegangan 15 volt. dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini.



Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Hubungan antara Larutan Elektrolit dengan Tegangan 15 Volt

Berdasarkan gambar 4.2 diatas pengaruh hubungan variasi tersebut tidak mengalami perbedaan perubahan konsentrasi yang terlalu tinggi. Pada proses elektrodialisis penurunan Cr terjerap tidak banyak berubah yang ditunjukkan oleh grafik yang hampir mendatar. walaupun ada sedikit perubahan yaitu semakin lamanya proses elektrodialisis berjalan. hasil konsentersasi Cr terjerap semakin kecil. Sehingga dapat dikatakan bahwa membran dapat menyerap konsentrasi Cr dengan stabil. Pada variasi penambahan larutan elektrolit terjadi perubahan kadar konsentrasi Cr terjerap saat pengukuran range lebih dari 300 menit. Fenomena tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh aliran arus listrik searah pada kedua elektroda dan adanya larutan elektrolit yang menyebabkan meningkatnya polaritas sehingga terjadi percepatan penukaran ion pada subtansi air limbah. range 300 menit mengalami pelebaran porositas pada membran yang menyebabkan lemahnya proses pengikatan ion terhadap fungsi membran.

4.4 Hasil Pengukuran Kadar Krom dengan Variasi Larutan Elektrolit dan Tegangan 25 Volt

Tabel 4.5 Kadar Cr dengan Variasi Tanpa Larutan Elektrolit dan Tegangan Listrik 25 Volt

No	Waktu	Ampermeter (mA)	Selang Waktu	pH	Cr lolos (mg/l)	Cr terjerap (mg/l)	Effisiensi (%)
1	08,30	0.89	0	5.45			
2	09,30	0.98	60	6.33	0.367	94.863	99.6146172
3	10,30	0.97	120	5.98	0.77	94.46	99.1914313
4	11,30	0.93	160	5.43	10.213	85.017	89.2754384
5	12,30	0.97	240	5.51	23.37	71.86	75.4594141
6	13,30	0.98	300	5.55	49.58	45.65	47.9365746
7	14,30	0.99	360	5.54	48.69	46.54	48.871154
8	15,30	0.99	400	5.55	57.83	37.4	39.2733382
Jumlah rata-rata							62.452746

(Sumber : Data Primer, 2005)

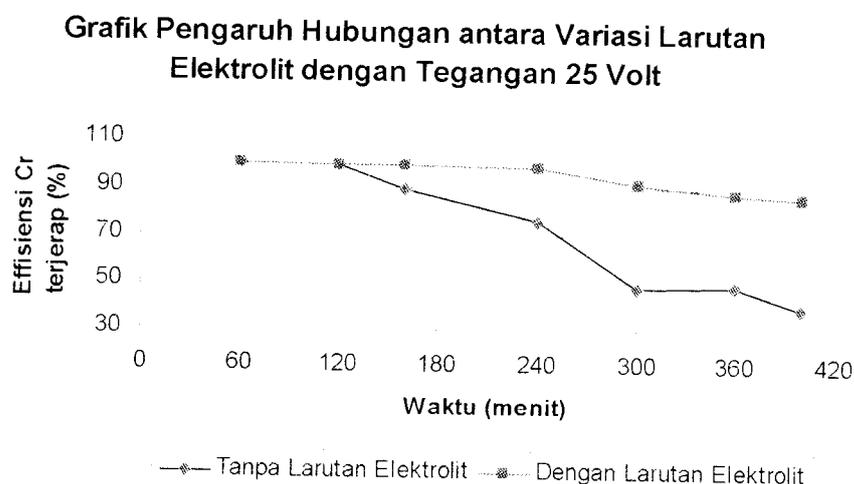
Tabel 4.6 kadar Cr dengan Variasi Larutan Elektrolit 0,01 N dan Tegangan Listrik 25 Volt

No	Waktu	Ampermeter (mA)	Selang Waktu	pH	Cr (Lolos)	Cr (Terjerap)	Effisiensi (%)
1	08,30	0.87	0	5.45			
2	09,30	0.98	60	4.46	0.339	94.891	99.6440197
3	10,30	0.97	120	4.44	0.498	94.732	99.4770555
4	11,30	0.95	160	4.51	0.786	94.444	99.1746298
5	12,30	0.98	240	4.53	1.475	93.755	98.4511183
6	13,30	0.97	300	4.56	8.248	86.982	91.3388638
7	14,30	1.01	360	4.64	12.113	83.117	87.2802688
8	15,30	1.02	400	4.7	13.482	81.748	85.8426966
Jumlah rata-rata							82.6510816

(Sumber : Data Primer, 2005)

Berdasarkan tabel 4.5 dan tabel 4.6 terlihat perbedaan nilai efisiensi yang cukup tinggi terhadap variasi larutan elektrolit dan variasi tegangan 25 volt, dari konsentrasi limbah awal 95.35 mg/l. Hasil variasi tanpa elektrolit tingkat efisiensi sebesar 62.45 % dan pada variasi penambahan larutan elektrolit sebesar 82.65 %.

Data pada tabel 4.5 dan tabel 4.6 tersebut menunjukkan perubahan efisiensi penggunaan variasi larutan elektrolit, perbandingan diantara keduanya di pengaruhi oleh kenaikan energi potensial pada larutan limbah yang memiliki perbedaan nilai kepolaran dan di pengaruhi oleh reaksi elektrolisis yang berlangsung karena pengaruh energi listrik. Pada variasi penambahan larutan elektrolit memiliki tingkat efisiensi yang bagus disebabkan adanya penambahan larutan elektrolit HNO₃ dibandingkan dengan variasi tanpa larutan elektrolit. Perbedaan pengaruh variasi larutan elektrolit dengan tegangan arus listrik sebesar 25 volt dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Hubungan antar Variasi Larutan Elektrolit dengan Tegangan 25 Volt

Bahwa gambar 4.3 tampak jelas penggunaan alat proses yang memanfaatkan elektrodialisis air limbah penyamakan kulit dengan menggunakan membran zeolit memberikan hasil yang berbeda untuk kedua variasi tersebut. Perbedaan pada variasi penambahan larutan elektrolit mempunyai nilai efisiensi yang bagus yakni terlihat grafiknya yang hampir mendatar, bahwa larutan elektrolit HNO_3 sebagai jembatan antar membran zeolit sehingga kepolaran pada larutan dalam elektrolisis lebih tinggi, mengakibatkan mudahnya proses ionisasi. hal ini dimungkinkan karena jumlah mol zeolit yang mempunyai gugus H^+ dalam pertukaran dengan ion pada elektrolit dan limbah seimbang sehingga daya serap zeolit terhadap ion Cr^{6+} stabil.

Secara sederhana reaksi pengikatan dipol-dipol pada larutan elektrolit terjadi diantara molekul yang hidrogennya (H^+) terikat secara kovalen dengan unsur elektronegatif pada muatan membran. Jika pada suatu larutan elektrolit

diberi arus listrik searah melalui elektroda-elektrodanya maka akan terjadi elektrolisa dimana katoda akan berfungsi sebagai kutub negatif sedang anoda sebagai kutub positif (*Michael Faaraday*, 1792-1867). Semakin tinggi arus listrik yang dialirkan pada proses elektro membran zeolit, maka semakin banyak terjadi proses ionisasi, kation dan anion akan bergerak pada kutub elektroda dan ion yang terlarut dalam air limbah akan terperap dan melewati membran semipermeabel dengan lebih cepat.

4.5 Hasil Pengukuran Kadar Krom dengan Variasi Elektrolit dan Tegangan arus listrik 35 Volt

Tabel 4.7 Kadar Cr dengan Tanpa Variasi Elektrolit dan Tegangan Listrik 35 Volt

No	Waktu	Ampermeter (mA)	Selang Waktu	pH	Cr (Lolos)	Cr (Terjerap)	Effisiensi (%)
1	08,30		0	5.45			
2	09,30	1.61	60	5.62	0.625	94.605	99.3436942
3	10,30	1.72	120	5.57	0.848	94.382	99.1095243
4	11,30	1.81	160	5.52	2.928	92.302	96.9253387
5	12,30	1.82	240	5.53	9.526	85.704	89.9968497
6	13,30	1.83	300	5.56	25.328	69.902	73.4033393
7	14,30	1.85	360	5.58	32.728	62.502	65.6326788
8	15,30	1.85	400	5.59	38.62	56.61	59.4455529
Jumlah rata-rata							72.9821222

(Sumber : Data Primer, 2005)

Tabel 4.8 Kadar Cr dengan Variasi Larutan Elektrolit 0,01 N dan Tegangan Listrik 35 Volt

No	Waktu	Ampermeter (mA)	Selang Waktu	pH	Cr (Lolos)	Cr (Terjerap)	Effisiensi (%)
1	08,30	1.81	0	5.45			
2	09,30	1.96	60	4.46	0.335	94.895	99.6482201
3	10,30	1.98	120	4.52	0.476	94.754	99.5001575
4	11,30	1.95	160	4.53	1.823	93.407	98.0856873
5	12,30	1.97	240	4.55	8.536	86.694	91.0364381
6	13,30	1.98	300	4.62	36.328	58.902	61.8523575
7	14,30	1.98	360	4.74	41.753	53.477	56.1556232
8	15,30	1.98	400	4.81	45.652	49.578	52.0613252
Jumlah rata-rata							69.7924761

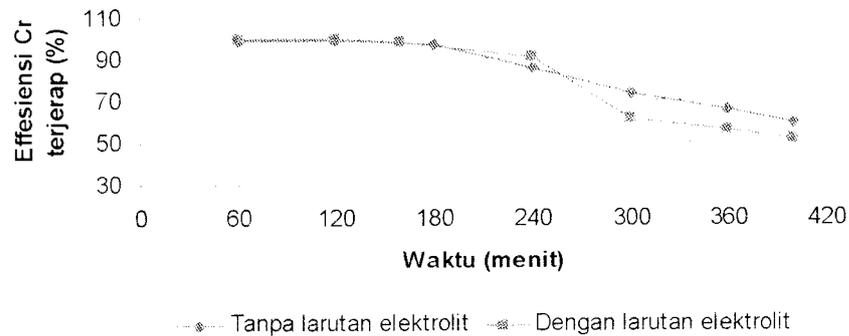
(Sumber : Data Primer, 2005)

Dari hasil uji penggunaan alat proses elektro membran zeolit diatas yakni tabel 4.7 dan tabel 4.8 menunjukkan adanya penurunan efisiensi pada variasi tegangan arus listrik 35 volt dengan konsentrasi limbah awal 95,35 mg/l. Pada tabel 4.7 kadar Cr dengan tanpa larutan elektrolit tingkat efisiensinya sebesar 72,98 %. sedangkan Variasi penambahan larutan elektrolit tingkat efisiensinya sebesar 69,79 %. Penurunan konsentarsi serapan (*absorpsi*) pada struktur media membran zeolit dipengaruhi oleh perbedaan muatan antara permukaan media membran dengan molekul-molekul yang bersifat polar, sehingga terjadi penyerapan yang tidak optimum, dibuktikan adanya kebocoran/rusak pada media membran kondisi tegangan arus listrik 35 Volt.

Pada tabel 4.7 dilakukan dengan variasi tanpa penambahan larutan elektrolit dan tegangan 35 volt dan perlakuan selama 400 menit, menunjukkan penurunan konsentrasi Cr lebih baik dibanding dengan penggunaan variasi penambahan elektrolit dapat dilihat pada tabel 4.8 diatas. Bahwa penambahan HNO₃ (asam nitrat) berfungsi sebagai pemercepat proses ionisasi atau sebagai jembatan antar membran zeolit, dengan penambahan elektrolit mempengaruhi

pada nilai pH yang menunjukkan sifat keasaman. Elektrolit HNO_3 akan melepaskan H^+ dan terjadi pertukaran dengan membran zeolit-H. begitupun molekul-molekul yang terdapat pada limbah akan terjadi pertukaran ion membran zeolit. Pengaruh lain pada proses elektrolisis yakni tegangan arus listrik. hukum *Faraday* menyatakan bahwa semakin tinggi arus listrik yang diberikan pada proses elektrolisis, maka semakin banyak massa yang dihasilkan, atau dengan kata lain banyaknya zat yang dihasilkan dari reaksi elektrolisis sebanding dengan banyaknya arus listrik yang dialirkan kedalam larutan. Dibuktikan dengan terus menaiknya ampermeter(I) yang menunjukkan terjadinya proses elektrolisis yang meningkat. Adanya tegangan lebih tinggi maka seharusnya proses ionisasi dalam larutan tersebut semakin banyak dan mengakibatkan banyaknya jumlah ion yang tertangkap pada membran zeolit-H. Pada variasi ini dimungkinkan adanya penurunan dalam mengadsorpsi konsentrasi Cr terjadi saat pertukaran ion yang terlalu cepat dan mengakibatkan pecahnya porositas pada membran. Perbedaan pengaruh variasi larutan elektrolit dan tegangan arus listrik 35 volt uji alat proses elektro membran zeolit dapat dilihat pada grafik dibawah ini.

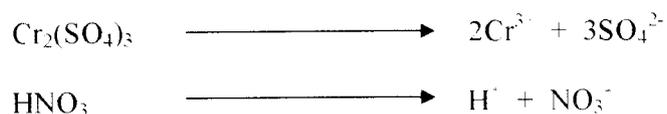
Grafik Pengaruh Hubungan antara Variasi Larutan Elektrolit dengan Tegangan 35 Volt

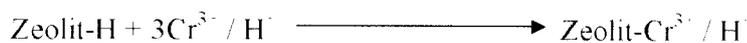


Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Hubungan antar Variasi Larutan Elektrolit dengan Tegangan 35 Volt

Pada gambar grafik 4.4 terlihat penurunan efisiensi serapan pada variasi tanpa larutan elektrolit yang berlanjut pada range waktu lebih dari 160 menit. Tingkat efisiensi serapan pada variasi tambahan larutan elektrolit lebih baik yakni pada range waktu lebih dari 240 menit, akan tetapi mengalami penurunan lebih besar pada saat range 300 menit. Hal ini disebabkan pengaruh penambahan larutan elektrolit. Pada variasi tegangan 35 volt ini terjadi melebarnya porositas membran yang menyebabkan penurunan efisiensi serapan pada fungsi membran zeolit sebagai adsorptor dan penukar ion.

Penurunan konsentrasi Cr sesudah dilewatkan pada membran zeolit teraktivasi dikarenakan adanya peristiwa pertukaran ion, secara sederhana dapat ditunjukkan pada reaksi sebagai berikut :

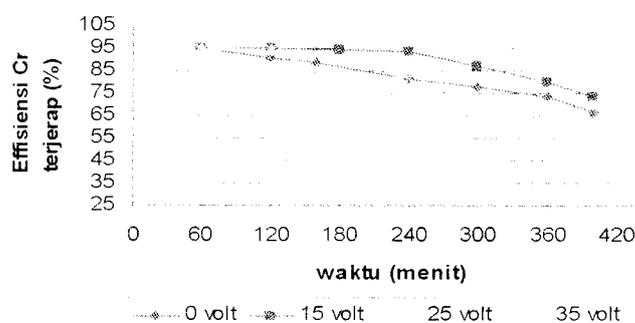




Proses penyerapan tersebut akan terus berlangsung sampai membran zeolit jenuh. Pada penelitian ini membran zeolit mampu melakukan penyerapan secara optimum pada range waktu 60 menit pertama pengaliran, setelah itu akan mengalami penurunan penyerapan sampai mengalami titik kejenuhan.

Sesuai dengan variasi penelitian dapat dilihat dari pengaruh hubungan antara tegangan listrik dengan variasi tanpa larutan elektrolit (dapat dilihat pada Gambar 4.5) dan variasi tambahan larutan elektrolit (Gambar 4.6), sebagai berikut

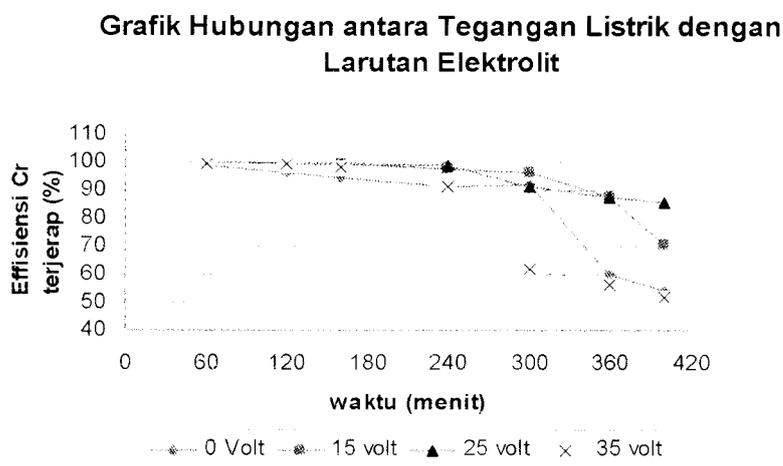
Grafik Hubungan antara Tegangan Listrik dengan Tanpa Larutan Elektrolit



Gambar 4.5 Rangkuman Grafik Hasil Analisa Variasi Tegangan Listrik Tanpa Larutan Elektrolit

Gambar 4.5 menunjukkan kemampuan membran zeolit untuk menyerap ion khrom persatuan waktu (menit). Terlihat perbedaan waktu penurunan efisiensi (%) penyerapan konsentrasi khrom terhadap masing-masing variasi tegangan listrik, pada tegangan 15 volt merupakan efisiensi yang terbaik dengan terlihat garis yang hampir mendatar.

Adapun efisiensi yang terburuk yakni pada tegangan 25 vol variasi tanpa larutan elektrolit. terlihat hubungan garis tiap range waktu pengambilan sampel yang terus menurun secara drastis. Sedangkan pada variasi tegangan dengan penambahan larutan elektrolit dapat dilihat perbedaannya pada gamabar grafik sebagai berikut :



Gambar 4.6 Rangkuman Grafik Hasil Analisa Variasi Tegangan Listrik dengan Penambahan Larutan Elektrolit

Dari Gambar 4.6 terlihat pada tegangan 25 volt menunjukkan nilai efisiensi yang lebih baik terhadap konsentrasi Cr. Dikarnakan pada tegangan 25 volt, range waktu pengambilan sampel dari 60 menit pertama sampai range waktu 400 menit tingkat efisiensinya masih mencapai 85 %. Hal tersebut menunjukkan adanya variasi penambahan larutan elektrolit HNO_3 yang berpengaruh pada terjadinya pertukaran ion dalam proses elektrolisis.

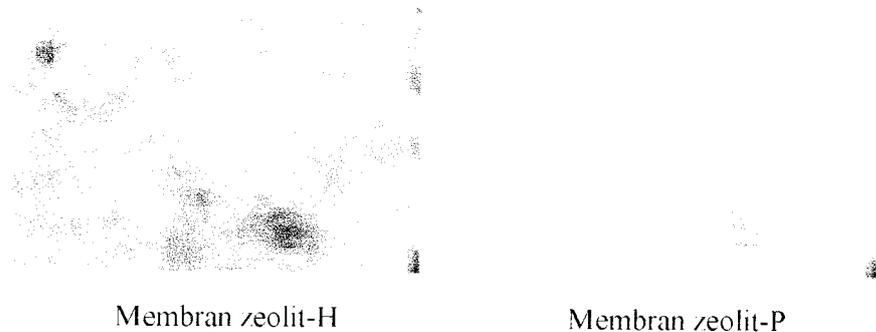
4.6 Pengaruh Membran Zeolit dalam Menurunkan Kadar Krom

Membran zeolit merupakan suatu bahan padatan yang mempunyai sifat mengikat molekul pada permukaannya. Bahan zeolit mempunyai sifat sangat menonjol pada padatan berpori, semakin halus serbuk-serbuk penyerap semakin luas permukaannya dan daya serapnya makin besar (Ronodirjido, 1982). Absorpsi merupakan suatu proses dimana suatu partikel terperangkap kedalam struktur suatu media dan seolah-olah menjadi bagian dari keseluruhan media tersebut, sedangkan jerapan adalah suatu proses dimana suatu partikel "menempel" pada suatu permukaan akibat dari adanya "perbedaan" muatan lemah diantara kedua benda (*gaya Van der Waals*), sehingga akhirnya akan terbentuk suatu lapisan tipis partikel-partikel halus pada permukaan tersebut (Renold, 1982) dikutip oleh Fitria Yulisa, 2004.

Selain itu membran dimanfaatkan sebagai penukar ion, pertukaran ion merupakan suatu proses dimana ion-ion yang terjerap pada suatu permukaan media ditukar dengan ion-ion lain yang berada dalam air. Proses ini dimungkinkan melalui suatu fenomena tarik menarik antara permukaan media bermuatan dengan molekul-molekul bersifat polar. Apabila suatu molekul bermuatan menyentuh suatu permukaan yang memiliki muatan berlawanan maka molekul tersebut akan terikat secara kimiawi pada permukaan tersebut. Pada kondisi tertentu molekul-molekul ini dapat ditukar posisinya dengan molekul lain yang berada dalam air yang memiliki kecenderungan lebih tinggi untuk diikat. Proses pertukaran yang berlangsung secara umum mengikuti kaidah-kaidah tertentu, yaitu:

- Pertama kation-kation dengan valensi lebih besar akan dipertukarkan terlebih dahulu sebelum kation-kation dengan valensi lebih kecil. Sebagai contoh apabila didalam akuarium kita terdapat besi (ber-valensi 3), kalsium (ber- valensi 2) dan amonium (ber- valensi 1) dalam jumlah yang sama. maka besi akan terlebih dahulu dijerap oleh zeolite. menyusul kalsium dan terakhir amonium.
- Kedua. kation yang konsentrasinya paling tinggi didalam akuarium akan dijerap terlebih dahulu walaupun valensi lebihkecil. Sebagai contoh dalam kasus diatas. apabila konsentrasi (jumlah) amonium jauh lebih banyak dibandingkan dengan besi dan kalsium. maka sesuai dengan aturan 2. amonium akan cenderung di jerap terlebih dahulu (www.google.com)

Penggunaanya membran zeolit pada proses elektrodialisis ini yakni Zeolit-H (katoda) dan zeolit-P (anoda). Dengan padatan yang berpori pada membran zeolit dapat dilihat pada gambar dibawah sebagai berikut :



Gambar 4.7 Padatan berpori pada membran zeolit pembesaran 500 X. Sebelum Dipakai Dalam Alat Proses

Dari gambar 4.7 membran zeolit dengan berat 10 gr dan ketebalan 1 mm sebelum digunakan dalam alat proses elektro membran zeolit. Pada membran

zeolit terjadi gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan membran zeolit yang mengakibatkan terjadinya proses adsorpsi. Peristiwa ini cenderung menarik molekul-molekul yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas maupun fasa larutan kedalam permukaan padatan. Sebagai efeknya, konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar dibanding dalam fase gas atau zat terlarut.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi (Reonolds, 1982) dikutip oleh Fitria Yulisa, 2004 sebagai berikut :

1. Karakteristik fisik dan kimia zat penyerap termasuk didalamnya adalah luas permukaan, ukuran pori dan komposisi kimia
2. Karakteristik fisik dan kimia zat terserap yang meliputi komposisi kimia, ukuran molekul, polaritas molekul, pH dan temperatur
3. Konsentrasi zat terserap, semakin tinggi konsentrasi kontaminan semakin mudah untuk diserap karena semakin banyak molekul yang terserap
4. Kecepatan aliran dan waktu kontak, semakin kecil kecepatan aliran larutan dengan kandungan zat terserap maka waktu tinggal semakin lama sehingga semakin tinggi tingkat effisiensinya
5. Diameter dan tinggi kolom, semakin kecil dan tinggi diameter kolom semakin besar tingkat effisiensinya.

4.7 Pengaruh Tegangan Listrik Terhadap Penurunan Kadar Krom

Penggunaan variasi tegangan listrik pada alat proses elektro membran zeolit yang mempengaruhi pada cairan didalam tabung elektodialisis. Melihat data hasil analisis membuktikan adanya penurunan terhadap konsentrasi krom pada cairan dalam tabung elektodialisis. Bahwa ketika arus mengalir lewat cairan limbah dalam tabung uji elektro membran zeolit, maka senyawa dalam limbah cair $[\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3]$ yang terkandung didalamnya menjadi terpisah pengaruh adanya proses elektrolisis.



Gambar 4.8 Pengaruh Tegangan Listrik pada Proses Elektrolisis Dalam Penurunan Konsentrasi Krom (Cr)

Dari gambar 4.8 membuktikan adanya suatu molekul bermuatan yang memiliki muatan berlawanan maka molekul tersebut akan mengikat secara kimiawi pada permukaan tersebut oleh adanya aliran listrik. Pada kondisi tersebut molekul-molekul pada senyawa limbah cair dapat ditukar posisinya dengan molekul lain yang berada dalam air yang memiliki kecenderungan lebih tinggi diikat. Media pada membran zeolit melakukan proses pertukaran pada kation yang bervalensi baik besar atau valensi kecil. Hukum *Faraday I* mengungkapkan

semakin tinggi tegangan yang diberikan pada proses elektrolisis, maka semakin banyak massa yang dihasilkan. Atau dengan kata lain, banyaknya zat yang dihasilkan dari reaksi elektrolisis sebanding dengan banyaknya arus listrik yang dialirkan dalam larutan. Pada tabel 4.7 menunjukkan adanya ukuran arus listrik pada ampermeter yang lebih besar selaras penambahan interval waktu. Pada gambar 4.5 menunjukkan penurunan pada konsentrasi krom yang terbaik yakni tegangan 15 volt, dibandingkan dengan tegangan listrik yang lebih tinggi.

Bahwa pertukaran ion merupakan suatu proses dimana ion-ion yang terjerap pada permukaan membran zeolit ditukar dengan ion-ion lain yang berada dalam senyawa limbah cair, proses ini dimungkinkan melalui fenomena tarik menarik antar media membran yang bermuatan dengan molekul yang bersifat lebih polar, dapat ditunjukkan pada gambar 4.6 memberikan penjelasan efisiensi terbaik pada penurunan konsentrasi dengan adanya penambahan larutan elektrolit sehingga larutan bersifat lebih polar.

Dari gambar 4.5 dan gambar 4.6 menunjukkan bahwa pada tegangan yang lebih tinggi terjadi penurunan efisiensi terhadap konsentrasi krom, sehingga dari data tersebut berlawanan dengan hukum *Faraday I*. Membran pada alat tabung elektrodialisis pada saat tegangan tinggi terjadi pelebaran pada porositas membran dikarenakan terjadi pemanasan pada tabung elektrodialisis. Dari fakta bahwa membran mampu menjerap konsentrasi krom sebagaimana sifatnya membran yaitu adsorbi dan penukar ion, dibuktikan pada variasi tanpa tegangan yang mampu menurunkan konsentrasi krom.

Dengan penambahan variasi tegangan listrik diharapkan dapat mengetahui efisiensi penurunan konsentrasi krom yang terbaik. Secara teori tegangan lebih tinggi maka jumlah massa yang tereduksi lebih banyak dikarenakan aliran listrik. Dengan penambahan media membran pada alat proses yang terbuat dari mineral zeolit diharapkan juga mampu menurunkan konsentrasi lebih efektif. Secara fisik pada tegangan 35 volt terlihat tidak terjadinya proses penjerapan oleh membran secara optimum dikarenakan membran yang dengan berat dan tebal 1 mm dalam tabung mudah runtuh/pecah. Pada tabung alat elektro membran zeolit pada variasi tegangan mengalami terjadinya suhu panas dimulai pada tegangan 25 volt dan 35 volt, sehingga suhu panas pada tabung alat proses menyebabkan fungsi membran tidak optimum.

4.8 Aplikasi Alat Proses Elektro Membran Zeolit

Aplikasi alat proses elektro membran zeolit merupakan salah satu alternatif dalam menurunkan konsentrasi krom pada limbah penyamakan kulit. Jika mengacu pada data hasil penelitian di atas memungkinkan pemakaian elektro membran zeolit untuk pengolahan limbah penyamakan kulit. Dalam penggunaan alat proses ini memang belum diterapkan pada pengolahan limbah penyamakan kulit, karena masih perlu adanya penelitian dan pengembangan kembali agar mendapat nilai yang optimum.

Dari interval pengambilan sampel pada variasi tegangan listrik dan larutan elektrolit memberikan hasil penurunan konsentrasi krom setelah melewati elektro membran zeolit. Penurunan konsentrasi krom dapat dipengaruhi oleh tebal tipisnya

membran yang digunakan, memungkinkan perubahan efisiensi dalam mereduksi krom dan dipengaruhi oleh konsentrasi limbah tersebut. maka dalam penerapan alat proses elektro membran zeolit masih diperlukan penelitian lebih lanjut dengan variasi yang secara langsung/tidak langsung berpengaruh pada proses elektro membran zeolit.

Pembuatan alat proses elektro membran zeolit mengacu pada kegiatan sebagai berikut :

1. Aktivasi zeolit
2. Pembuatan tabung elektrodialisis
3. Bentuk cetakan membran zeolit
4. Pembuatan elektroda
5. Tenaga listrik

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan pembahasan tentang pengolahan limbah cair penyamakan kulit menggunakan alat proses Elektro Membran Zeolit dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hipotesis pada variasi tegangan listrik tidak terbukti, dikarenakan pada tegangan listrik lebih dari 25 volt mengalami suhu panas pada tabung alat proses, sehingga menyebabkan sifat membran zeolit tidak optimim.
2. Penggunaan membran zeolit dapat dipergunakan dalam mereduksi kadar khrom limbah cair penyamakan kulit sebelum dibuang ke lingkungan.
3. Efisiensi pada variasi tegangan listrik dan tanpa larutan elektrolit diperoleh nilai yang terbaik dalam menurunkan kadar krom pada tegangan 15 volt sebesar 81.26 % .
4. Pada variasi tegangan dengan penambahan larutan elektrolit diperoleh tingkat efisiensi yang terbaik dalam menurunkan kadar krom yakni pada tegangan 25 volt sebesar 82.65 %.
5. Terjadi penurunan efisiensi krom terhadap interval pengambilan sampel, menunjukkan semakin lama range waktu pengambilan sampel, maka semakin turun tingkat efisiensi terhadap reduksi krom.

5.2 Saran

1. Diharapkan penggunaan alat proses elektro membran zeolit dapat digunakan sebagai salah satu alternatif pada pengolahan air limbah penyamakan kulit.
2. Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut terhadap pengaruh penambahan larutan elektrolit dengan variasi larutan elektrolit yang berbeda agar dapat menemukan hasil yang optimum terhadap penurunan konsentrasi krom.
3. Perlu penelitian lebih lanjut dengan variasi ketebalan membran zeolit dalam mengadsorpsi konsentrasi krom agar dapat ditemukan hasil yang optimum yang di pengaruhi oleh ketebalan membran zeolit.
4. Penulis menyadari adanya keterbatasan dalam pembahasan penelitian ini. Oleh karena itu dilakukan study pengembangan lebih lanjut, terutama dalam hal perencanaan aplikasi dalam pengolahan air limbah logam agar didapatkan optimasi dalam hal waktu, tenaga dan biaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Astria, dkk. 2000. "*Kajian karakterisasi, modifikasi zeolit alam sebagai penukar kation dan sementasi terhadap ion Cr.*" F. Matematika dan IPA, UGM Yogyakarta
- Achmad, H. (1992). "*Kimia unsur dan radiokimia*". UI Press, Jakarta
- Ali Masduqi, dkk "*Satuan Operasi untuk pengolahan air*" Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS, Surabaya
- Anonim, 1997. "*Zeolit*" Dinas Pertambangan, Yogyakarta
- Anshory Irfan, 1998. "*Petunjuk Pelajaran Kimia*". Ganca Exack, Bandung
- Benefield, L.D., et.al., 1982. "*Process Chemistry for Water and Wastewater Treatment*", Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliggs, New Jersey.
- DR. Thamsil Las. [www. Batan.go.id/P2plr/artikel zeolit html](http://www.Batan.go.id/P2plr/artikel_zeolit.html)
- Fikri R. 2004. "*Solidifikasi limbah kromium industri penyamakan kulit dengan teknologi keramik*". Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII Yogyakarta
- Iswahyuni, 1983. "*Pembuatan Pulp Dari Mendong Dengan Cara Hidrolisis Menggunakan Ekstrak Abu*". Fakultas Teknik UGM Jojakarta
- Indri Hermiyati, 2001 "*Pemungutan Kembali Bahan Penyamak Khrom Dari Limbah Cair Penyamakan Kulit Dengan Eksrak Abu*", Akademi Teknologi Kulit, Yogyakarta
- Jozef, T., "*A mineral of the future*". Mineralimpex, Budapest. (1989)
- Johannes H. 1978. "*Listrik dan Magnet*" . PN Balai Pustaka, Jakarta

- Lenny Marilyn Estiaty. 2002. *Modifikasi Mineral Zeolit Sebagai Penukar Anion dan Kation*. Puslitbang Geoteknologi-LIPI Bandung
- Listianing, Widiyastuti. 2003. *Penentuan Cr (Vi) Dalam Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Dengan Spetrofotometri UV-VIS*. Jurusan teknik kimia UII Yogyakarta
- Michael Purba. 1994 *Ilmu kimia* Penerbit Erlangga. Ciracas-Jakarta
- Metcalf ang Eddy. *Waste Water Engineering*. 3rd edition, McGraw Hill International Edition, 1991
- Otto Matthias. 199. *Chemometriecs Statistics and Computer Aplication in analitucal Chemistry*. Weinheim. New York
- Oetoyo. etal. (1981). *Pola Penanganan Limbah Induri Penyakan Kulit Karet da Plastik*. Yoyakarta
- Petrucci, Ralph H. Suminar. 1989. *Prinsip dan Terapan Modern Kimia Dasar* Erlangga. Jakarta
- Purdom. W. (Editor). 1980. *Enveronmental Health*. Second Edition. Academic Press. Inc., SanDiago
- Powel. S.T.. 1954. *Water Conditioning For Industri*. Craw Hill. New York
- Pallar. H. (1994). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineke Cipta. Jakarta
- Sharphouse. J.H.. 1971. *Leather Technician's Handbook*. Robert E. Kringer Publishing Company, Floria
- Sri Sutyatmi, Puji Ediari Suryaningsih dkk. 2002. *Elektrokoagulasi sebagai Alternatif Cara Pengolahan Limbah Cair Proses Pengecetan dasar*

kulit” Balai Besar Litbang Industri Barang Karet, Kulit, dan Plastik
Jogjakarta

Sutarti, dkk. *“Zeolit tinjauan literatur”* Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah,
LIPI, Jakarta

Soemirat, Juli. (1994). *“Kesehatan Lingkungan”*, Gadjah Mada University Press,
Yogyakarta

Sulistiyah Wrd. Sri Waskito. *“Penerapan Teknologi Recovery dan Reuse Air
Limbah Khrom Pada Industri Penyamakan Kulit”* Balai Besar
Kulit Jogjakarta

Wahyuni Endang TRI. 1995. *“Studi Pendahuluan Pemisahan Ion Cr (VI) Dan
Cr(VIII) Menggunakan Zeolit Alam.”* Jurusan Teknik Kimia, UGM
Yogyakarta

Wardhana, Wisnu A. 1995 *“Dampak Pencemaran Lingkungan”* Andi Offset,
Yogyakarta

Widiatmoko Hartono AJ. Dan MC., 1994. *“Teknologi Membran Pemurnian Air”*,
Andhi Offset, Yogyakarta

[www. Google. Com](http://www.Google.Com)

[www. Yahoo.com](http://www.Yahoo.com)

LAMPIRAN 1

**KEP.GUB.DIY. 281/KPTS/1998 BAKU MUTU
LIMBAH CAIR UNTUK INDUSTRI PENYAMAKAN
KULIT**

IAMPIRAN I.2
KEPUTUSAN GUBERNUR
KEPALA DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
NOMOR: 281/KPTS/1998

BAKU MUTU LIMBAH CAIR UNTUK INDUSTRI
PENYAMAKAN KULIT

Parameter	Proses Penyamakan				Nabati	
	Menggunakan Khrom:					
	Kulit Mentah		Wet Blue		kadar	beban
	kadar	beban	kadar	beban		
BOD	50	2.00	40	0.60	70	2.8
COD	100	4.00	90	1.35	180	7.20
TSS	50	2.00	40	0.60	50	2.00
Krom Total	0.4	0.016	0.4	0.006	0.1	0.004
Amonia Total	0.4	0.016	0.2	0.003	0.5	0.02
N Total	-	-	-	-	15	0.60
Sulfida	0.5	0.02	0.5	0.0075	0.5	0.02
Minyak dan lemak	5	0.2	3	0.045	5	0.2
pH	6.0 - 9.0					
Volume Limbah Maks	40 m ³ /ton bb		15 m ³ /ton bb		40 m ³ /ton bb	



KEPUTUSAN
MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP
NOMOR: KEP- 51/MENLH/10/1995
TENTANG
BAKU MUTU LIMBAH CAIR BAGI KEGIATAN INDUSTRI
MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP,

- Menimbang** :
- a. bahwa untuk melestarikan lingkungan hidup agar tetap bermanfaat bagi hidup dan kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya perlu dilakukan pengendalian terhadap pembuangan limbah cair ke lingkungan;
 - b. bahwa kegiatan industri mempunyai potensi menimbulkan pencemaran lingkungan hidup, oleh karena itu perlu dilakukan pengendalian terhadap pembuangan limbah cair dengan menetapkan Baku Mutu Limbah Cair;
 - c. bahwa untuk melaksanakan pengendalian pencemaran air sebagaimana telah ditetapkan dalam Pasal 15 Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air, perlu ditetapkan lebih lanjut dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri;
- Mengingat** :
- 1. Undang-undang Gangguan (Hinder Ordonnantie) Tahun 1926. Stbl. Nomor 226, setelah diubah dan ditambah terakhir dengan Stbl. 1940 Nomor 450;
 - 2. Undang-undang Nomor 5 Tahun 1974 tentang Pokok-pokok Pemerintahan di Daerah (Lembaran Negara Tahun 1974 Nomor 38, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3037);
 - 3. Undang-undang Nomor 11 Tahun 1974 tentang Pengairan (Lembaran Negara Tahun 1974 Nomor 65, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3046);
 - 4. Undang-undang Nomor 4 Tahun 1982 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Tahun 1982 Nomor 12, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3215);
 - 5. Undang-undang Nomor 5 Tahun 1984 tentang Perindustrian (Lembaran Negara Tahun 1984 Nomor 22, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3257);
 - 6. Undang-undang Nomor 9 Tahun 1985 tentang Perikanan (Lembaran Negara Tahun 1985 Nomor 46, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3299);
 - 7. Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 1982 tentang Tata Pengaturan Air (Lembaran Negara Tahun 1982 Nomor 37, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3225);
 - 8. Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air (Lembaran Negara Tahun 1990 Nomor 24, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3409);
 - 9. Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 1991 tentang Sungai (Lembaran Negara Tahun 1991 Nomor 44, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3445);
 - 10. Peraturan Pemerintah Nomor 51 Tahun 1993 tentang Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (Lembaran Negara Tahun 1993 Nomor 84, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3538);
 - 11. Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 96/M Tahun 1993 tentang Pembentukan Kabinet Pembangunan VI;
 - 12. Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 44 Tahun 1993 tentang Tugas Pokok, Fungsi dan Tata Kerja Menteri Negara Serta Susunan Organisasi Staf Menteri Negara;
 - 13. Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 77 Tahun 1994 tentang Badan Pengendalian Dampak Lingkungan.

MEMUTUSKAN :

Menetapkan : KEPUTUSAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP TENTANG BAKU MUTU LIMBAH CAIR BAGI KEGIATAN INDUSTRI.

Pasal 1

Dalam Keputusan Menteri ini yang dimaksud dengan:

1. Industri adalah kegiatan ekonomi yang mengolah bahan mentah, bahan baku, barang setengah jadi dan/ atau barang jadi menjadi barang dengan nilai yang lebih tinggi untuk penggunaannya, termasuk kegiatan rancang bangun dan perekayasaan industri;
2. Baku Mutu Limbah Cair Industri adalah batas maksimum limbah cair yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan;
3. Limbah cair adalah limbah dalam wujud cair yang dihasilkan oleh kegiatan industri yang dibuang ke lingkungan dan diduga dapat menurunkan kualitas lingkungan;
4. Mutu Limbah Cair adalah keadaan limbah cair yang dinyatakan dengan debit, kadar dan beban pencemaran;
5. Debit Maksimum adalah debit tertinggi yang masih diperbolehkan dibuang ke lingkungan;
6. Kadar Maksimum adalah kadar tertinggi yang masih diperbolehkan dibuang ke lingkungan;
7. Beban Pencemaran Maksimum adalah beban tertinggi yang masih diperbolehkan dibuang ke lingkungan;
8. Menteri adalah Menteri yang ditugaskan mengelola lingkungan hidup;
9. Bapedal adalah Badan Pengendalian Dampak Lingkungan;
10. Gubernur adalah Gubernur Kepala Daerah Tingkat I, Gubernur Kepala Daerah Khusus Ibukota atau Gubernur Kepala Daerah Istimewa.

Pasal 2

- (1) Baku mutu limbah cair untuk jenis industri :
 1. Soda kostik/klor adalah sebagaimana tersebut dalam lampiran A I dan Lampiran B I;
 2. Pelapisan logam adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A II dan Lampiran B II;
 3. Penyamakan kulit adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A III dan Lampiran B III;
 4. Minyak sawit adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A IV dan Lampiran B IV;
 5. Pulp dan kertas adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A V dan Lampiran B V;
 6. Karet adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A VI dan Lampiran B VI;
 7. Gula adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A VII dan Lampiran B VII;
 8. Tapioka adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A VIII dan Lampiran B VIII;
 9. Tekstil adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A IX dan Lampiran B IX;
 10. Pupuk urea/nitrogen adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A X dan Lampiran B X;
 11. Ethanol adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A XI dan Lampiran B XI;
 12. Mono Sodium Glutamate (MSG) adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A XII dan Lampiran B XII;
 13. Kayu lapis adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A XIII dan Lampiran B XIII;
 14. Susu, makanan yang terbuat dari susu adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A XIV dan Lampiran B XIV;
 15. Minuman ringan adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A XV dan Lampiran B XV;
 16. Sabun, deterjen dan produk-produk minyak nabati adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A XVI dan Lampiran B XVI;
 17. Bir adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A XVII dan Lampiran B XVII;
 18. Baterai sel kering adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A XVIII dan Lampiran B XVIII;
 19. Cat adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A XIX dan Lampiran B XIX;
 20. Farmasi adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A XX dan Lampiran B XX;
 21. Pestisida adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran A XXI dan Lampiran B XXI.
- (2) Baku Mutu Limbah Cair bagi jenis-jenis industri sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) pasal ini, ditetapkan berdasarkan beban pencemaran dan kadar, kecuali jenis industri farmasi dan industri pestisida formulasi pengemasan sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) butir 20 dan butir 21 pasal ini ditetapkan berdasarkan kadar.
- (3) Bagi jenis-jenis kegiatan industri sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) pasal ini yang :

- a. telah beroperasi sebelum dikeluarkannya keputusan ini, berlaku Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana tersebut dalam Lampiran A dan wajib memenuhi Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana tersebut dalam Lampiran B selambat-lambatnya tanggal 1 Januari tahun 2000
 - b. tahap perencanaannya dilakukan sebelum dikeluarkannya keputusan ini, dan beroperasi setelah dikeluarkannya keputusan ini, berlaku Baku Mutu Limbah Cair Lampiran A dan wajib memenuhi baku Mutu Limbah Cair Lampiran B selambat-lambatnya tanggal 1 Januari tahun 2000.
- (4) Bagi jenis-jenis kegiatan industri sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) pasal ini yang tahap perencanaannya dilakukan dan beroperasi setelah dikeluarkannya keputusan ini, maka berlaku baku mutu limbah cair sebagaimana tersebut dalam Lampiran B.
 - (5) Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana tersebut dalam Lampiran Keputusan ini setiap saat tidak boleh dilampaui.
 - (6) Perhitungan tentang debit limbah cair maksimum dan beban pencemaran maksimum adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran D keputusan ini.
 - (7) Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) pasal ini ditinjau secara berkala sekurang-kurangnya sekali dalam lima tahun.

Pasal 3

- (1) Menteri setelah berkonsultasi dengan Menteri lain dan/ atau pimpinan lembaga pemerintah nondepartemen yang bersangkutan menetapkan Baku Mutu Limbah Cair untuk jenis-jenis industri di luar jenis-jenis industri sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1).
- (2) Selama Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) pasal ini belum ditetapkan, Gubernur dapat menggunakan Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana tersebut dalam Lampiran C Keputusan ini.
- (3) Gubernur dapat melakukan penyesuaian jumlah parameter sebagaimana dimaksud dalam ayat (2) pasal ini, setelah mendapat persetujuan Menteri.
- (4) Gubernur dapat menetapkan parameter tambahan di luar parameter yang tercantum dalam Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana tersebut dalam lampiran A dan B Keputusan ini, setelah mendapat persetujuan Menteri.
- (5) Menteri memberikan tanggapan dan/ atau persetujuan selambat-lambatnya dalam jangka waktu 30 (tiga puluh) hari kerja terhitung sejak tanggal diterimanya permohonan sebagaimana dimaksud dalam ayat (3) dan ayat (4) pasal ini.
- (6) Apabila dalam jangka waktu sebagaimana dimaksud dalam ayat (5) pasal ini, tidak diberikan tanggapan dan/ atau persetujuan, maka permohonan tersebut dianggap disetujui.

Pasal 4

- (1) Gubernur dapat menetapkan Baku Mutu Limbah Cair lebih ketat dari ketentuan sebagaimana tersebut dalam Lampiran Keputusan ini.
- (2) Apabila Gubernur tidak menetapkan Baku Mutu Limbah Cair lebih ketat atau sama dengan Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana tersebut dalam Lampiran Keputusan ini, maka berlaku Baku Mutu Limbah Cair dalam Keputusan ini.

Pasal 5

Apabila analisis mengenai dampak lingkungan kegiatan industri mensyaratkan Baku Mutu Limbah Cair lebih ketat dari Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4, maka untuk kegiatan industri tersebut ditetapkan Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana yang dipersyaratkan oleh analisis mengenai dampak lingkungan.

Pasal 6

Setiap penanggung jawab kegiatan industri sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) Keputusan ini wajib:

- a. melakukan pengelolaan limbah cair sehingga mutu limbah cair yang dibuang ke lingkungan tidak melampaui Baku Mutu Limbah Cair yang telah ditetapkan;
- b. membuat saluran pembuangan limbah cair yang kedap air sehingga tidak terjadi perembesan limbah cair ke lingkungan;
- c. memasang alat ukur debit atau laju alir limbah cair dan melakukan pencatatan debit harian limbah cair tersebut;
- d. tidak melakukan pengenceran limbah cair, termasuk mencampurkan buangan air bekas pendingin ke dalam aliran pembuangan limbah cair;
- e. memeriksakan kadar parameter Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana tersebut dalam Lampiran Keputusan ini secara periodik sekurang-kurangnya satu kali dalam sebulan;

- f. memisahkan saluran pembuangan limbah cair dengan saluran limpahan air hujan;
- g. melakukan pencatatan produksi bulanan senyatanya;
- h. menyampaikan laporan tentang catatan debit harian, kadar parameter Baku Mutu Limbah Cair, produksi bulanan senyatanya sebagaimana dimaksud dalam huruf c, e, g sekurang-kurangnya tiga bulan sekali kepada Kepala Bapedal, Gubernur, instansi teknis yang membidangi industri, dan instansi lain yang dianggap perlu sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Pasal 7

Persyaratan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4, Pasal 5 Keputusan ini dan Persyaratan Pasal 26 Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air wajib dicantumkan dalam izin Undang-undang Gangguan (Hinder Ordonnantie).

Pasal 8

Apabila jenis-jenis kegiatan industri sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) telah ditetapkan sebelum keputusan ini:

- a. Baku Mutu Limbah Cairnya lebih ketat atau sama dengan Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana tersebut dalam Lampiran Keputusan ini dinyatakan tetap berlaku;
- b. Baku Mutu Limbah Cairnya lebih longgar dari pada Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana tersebut dalam Lampiran Keputusan ini wajib disesuaikan dengan Baku Mutu Limbah Cair dalam keputusan ini selambat-lambatnya 1 (satu) tahun setelah ditetapkannya keputusan ini.

Pasal 9

Dengan berlakunya keputusan ini, maka Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Nomor: KEP-03/MENKLH/11/1991 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Yang Sudah Beroperasi dinyatakan tidak berlaku lagi.

Pasal 10

Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di : Jakarta
Pada tanggal : 23 Oktober 1995

Menteri Negara Lingkungan Hidup,

ttd,

Sarwono Kusumaatmadja

Salinan sesuai dengan aslinya
Asisten IV Menteri Negara Lingkungan Hidup
Bidang Pengembangan, Pengawasan dan Pengendalian,

ttd

Hambar Martono

LAMPIRAN B III : KEPUTUSAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP
 NOMOR : KEP-51/MENLH/ 10/ 1995
 TENTANG : BAKU MUTU LIMBAH CAIR BAGI KEGIATAN INDUSTRI
 TANGGAL : 23 OKTOBER 1995

BAKU MUTU LIMBAH CAIR UNTUK INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT

PARAMETER	PROSES PENYAMAKAN MENGUNAKAN KROM		PROSES PENYAMAKAN MENGUNAKAN DAUN-DAUNAN	
	KADAR MAKSIMUM (mg/ L)	BEBAN PENCEMARAN MAKSIMUM (kg/ ton)	KADAR MAKSIMUM (mg/ L)	BEBAN PENCEMARAN MAKSIMUM (kg/ ton)
BOD ₅	50	2,0	70	2,8
COD	110	4,4	180	7,2
TSS	60	2,4	50	2,0
Krom Total (Cr)	0,60	0,024	0,10	0,004
Minyak dan Lemak	5,0	0,20	5,0	0,20
N Total (Sebagai N)	10	0,40	15	0,60
Amoniak Total (Sebagai N)	0,5	0,02	0,50	0,02
Sulfida (sebagai S)	0,8	0,032	0,50	0,02
pH	6,0 - 9,0		6,0 - 9,0	
Debit limbah maksimum	40 m ³ / ton bahan baku		40 m ³ / ton bahan baku	

Catatan :

1. Kadar maksimum untuk setiap parameter pada tabel di atas dinyatakan dalam miligram parameter per Liter air limbah.
2. Beban pencemaran maksimum pada tabel di atas dinyatakan dalam kg per ton bahan baku (penggaraman kulit mentah)
3. N Total adalah jumlah N Organik + Amonia Total + NO₃ + NO₂

Kewajiban Industri:

Ps1 4: Kep.Gub No. 281/KPTS/98

1. Pengolahan LC. memenuhi bml
2. Membuat saluran pembuangan ic tertutup dan kedap air shg tdk terjadi perembesan ke tanah dan terpisah dg saluran air hujan
3. Menyediakan bak kontrol untuk pengambilan comtoh limbah
4. Tdk melakukan pengenceran
5. Memasang alat ukur debit
6. Memeriksa kadar parame- ter baku mutu limbah
7. Melakukan pencatatan debit
8. Memasang hasil pemeriksaan
9. Melaporkan hasil pemeriksaan mutu limbah

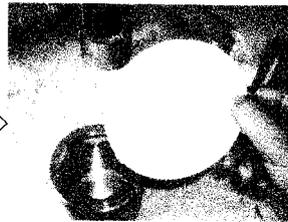
LAMPIRAN 2
ALAT-ALAT PENELITIAN

Lampiran Alat-Alat Penelitian

Proses Pencetakan Membrane Zeolit



(a) Mengukur berat membrane



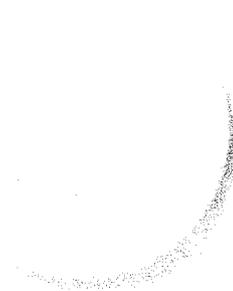
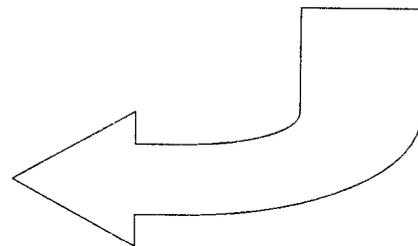
(b) Tempat pres



(c) Penutup pres



(d) Proses pengepresan



(e) Membran Zeolit

Proses merangkai alat elektro membran zeolit



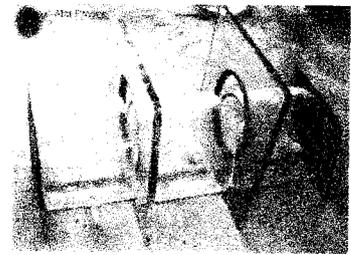
Proses kegiatan merangkai susunan pada alat proses elektro membrane zeolit



(a) Tempat membrane



(b) Rangkaian tabung kaca



(c) Penempatan elektroda

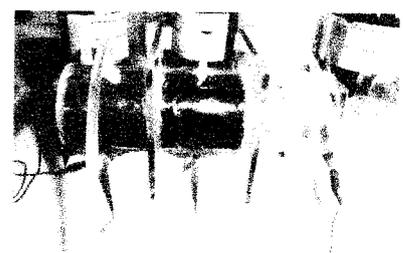


1



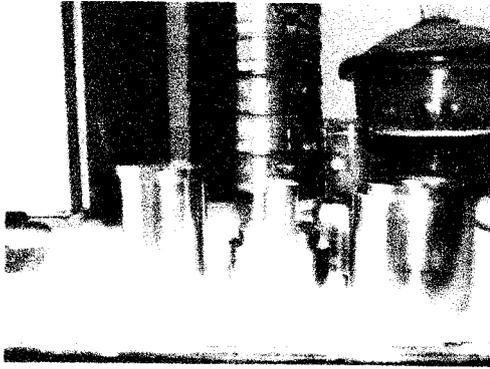
2

(d) 1 dan 2, Alat proses siap pakai

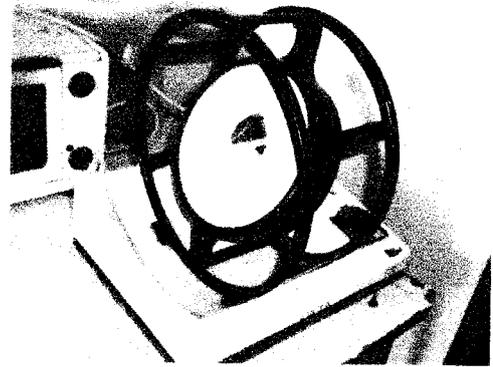


(e) Uji pemakaian alat proses

Alat-alat penunjang



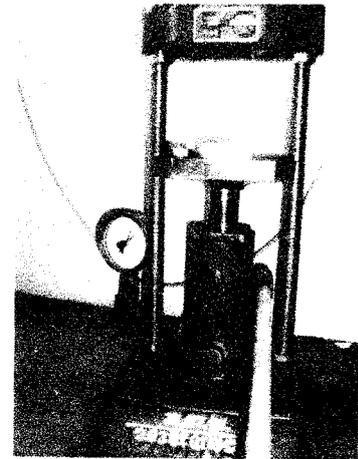
a) Alat pengepres



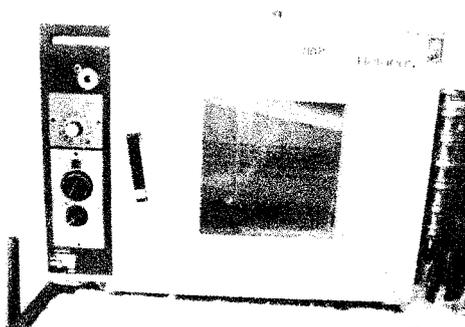
b) Homogenizer



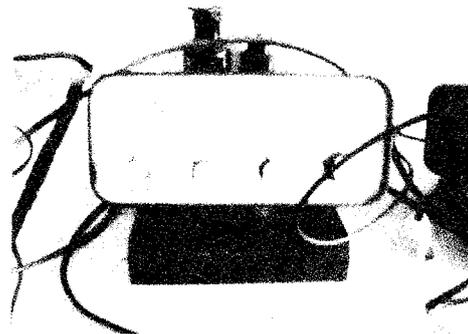
c) Voltmeter



d) Alat Pres



e) Furnace



f) pH meter

LAMPIRAN 3

PERIZINAN DAN HASIL LABORATORIUM



BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI MAJU
JL.BABARSARI, PO BOX 1008,YOGYAKARTA 55010 TEL. 515435-515436 FAX 561824

SURAT KETERANGAN
PENGARAHAN PROTEKSI RADIASI DAN KESELAMATAN KERJA

Kepala Bidang Keselamatan dan Kesehatan P3TM – BATAN menerangkan bahwa :

Nama/Nomor Induk : Bachrun FA/NIM 00513078
Tempat, tanggal lahir : Brebes 02, Sptember 1979
Universitas/Sekolah : Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia

telah mengikuti pengarahan PROTEKSI RADIASI dan KESELAMATAN KERJA di Subbid Proteksi Radiasi dan Keselamatan Kerja, maka yang bersangkutan dijijinkan untuk melakukan kerja praktek atau penelitian di Laboratorium dilingkungan P3TM.

Surat keterangan ini berlaku selama waktu yang tercantum dibawah ini dan dibuat untuk melengkapi surat ijin kerja praktek/penelitian di P3TM bagi nama tersebut diatas, pada :

Bidang /Balai/Bagian : Tekno Fisiko Kimia
Judul Penelitian / PKL : Uji Penggunaan Elektro Membrane Zeolit dalam
Menurunkan Kadar Khrom Pada Limbah
Penyamakan Kulit
Pembimbing : Dr. Ir. Kris Tri Basuki MSc. APU
Waktu Penelitian / PKL : Juni – Agustus 2005

Jogyakarta, 03 JUN 2005

KEPALA BIDANG KESELAMATAN DAN
KESEHATAN.

DRS> PURWANTO.
NIP. 330001624



BIODATA MAHASISWA PENELITIAN

1. No. Surat Ijin dari BATAN : 2841/HM 02/05
2. Nama Lengkap/Nomer Induk : Bachrun Fitri Amin / NIM 00513076
3. Tempat /Tgl. Lahir : Brebes, 02, September, 1979
4. Jenis Kelamin : Laki-laki
5. Tinggi dan Berat badan : 168 cm / 53 kg
6. Golongan darah : O
7. Universitas/ Institusi : Universitas Islam Indonesia
8. Fakultas/ jurusan/Tingkat : Teknik Lingkungan
9. Nama Dekan : Prof. Ir. Widodo. MSc. Phd
10. Nama Rektor : Dr. Ir. Luthfi Hasan
11. Tempat Praktek Kerja di
 - Bidang/ Balai/Bagian/Unit : Teknokimia
 - Kelompok/ Subbid/ Subbag : Teknologi Membran
 - Judul Penelitian : Uji Penggunaan Elektro Membran Zeolit Dalam Menurunkan Kadar Khrom Pada Limbah Penyamakan Kulit
12. Pembimbing Penelitian : Dr. Ir. Drs Kris Tri Basuki, M.Sc. APU
13. Lama Penelitian : 3 bulan (Juni -- Agustus 2005)
14. Alamat Rumah
 - Rumah asal : Jl. Pepedan Utara, Desa Pepedan RT. 03/06, Tonjong Brebes
 - Selama di Yogyakarta : Jl Kali Urang Km 13,2, Ngaggrung ,Ngaglik, Sleman Jogjakarta

Demikian data ini saya buat dengan sebenar-benarnya, bilamana ternyata data ini palsu, saya bersedia dituntut dimuka yang berwajib.

Mengetahui :
Kepala Bidang/Balai/Unit/ Bagian


Dr. Ir. Kris Tri Basuki, M.Sc. APU.
NIP. 330002043



Yogyakarta, 03 Juni 2005

Mahasiswa,


Bachrun Fitri Amin
NIM. 00513076



HASIL ANALISA KADAR LOGAM Cr

Alat Analisis : Atomic Adsorbsen Spectrometer, Shimatzu

Dikirim oleh : Bachrun Fitri Amin
Jenis Sampel : Air limbah hasil proses Elektro membran Zeolit
Asal Sampel : PT. ASA Yogyakarta (penyamakan Kulit)
Tanggal Pengambilan : 08 Agustus 2005
Tanggal Penerimaan : 10 Agustus 2005
Kode : SA-PE
Tanggal Analisis : 10 Agustus 2005

No	Kode Sampel	Kadar (mg/l)	Kode Sampel	Kadar (mg/l)
1	SA-Umpun	95,230	SA-U.1	95,125
2	SA 0.0 N (1)	0,416	SA 0.0.01N (1)	0,983
3	SA 0.0 N (2)	4,645	SA 0.0.01N (2)	3,752
4	SA 0.0 N (3)	6,359	SA 0.0.01N (3)	5,156
5	SA 0.0 N (4)	13,76	SA 0.0.01N (4)	8,261
6	SA 0.0 N (5)	17,24	SA 0.0.01N (5)	7,877
7	SA 0.0 N (6)	21,83	SA 0.0.01N (6)	38,33
8	SA 0.0 N (7)	28,71	SA 0.0.01N (7)	43,28

No	Kode Sampel	Kadar (mg/l)	Kode Sampel	Kadar (mg/l)
1	SA 15.0 N (1)	0,193	SA 15.0.01N (1)	0,26
2	SA 15.0 N (2)	0,434	SA 15.0.01N (2)	0,383
3	SA 15.0 N (3)	0,954	SA 15.0.01N (3)	0,437
4	SA 15.0 N (4)	1,407	SA 15.0.01N (4)	2,475
5	SA 15.0 N (5)	7,738	SA 15.0.01N (5)	3,444
6	SA 15.0 N (6)	15,34	SA 15.0.01N (6)	11,67
7	SA 15.0 N (7)	21,49	SA 15.0.01N (7)	27,79



BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI MAJU
JL. BABARSARI PO BOX 1008 YOGYAKARTA 55010 TEL. 515435-511762 FAX 561824, E-Mail:
<P3TM@indo.net.id>

No	Kode Sampel	Kadar (mg/l)	Kode Sampel	Kadar (mg/l)
1	SA 25.0 N (1)	0,367	SA 25.0.01N (1)	0,339
2	SA 25.0 N (2)	0,77	SA 25.0.01N (2)	0,498
3	SA 25.0 N (3)	10,213	SA 25.0.01N (3)	0,786
4	SA 25.0 N (4)	23,37	SA 25.0.01N (4)	1,475
5	SA 25.0 N (5)	49,58	SA 25.0.01N (5)	8,248
6	SA 25.0 N (6)	48,69	SA 25.0.01N (6)	12,113
7	SA 25.0 N (7)	57,83	SA 25.0.01N (7)	13,482

No	Kode Sampel	Kadar (mg/l)	Kode Sampel	Kadar (mg/l)
1	SA 35.0 N (1)	0,625	SA 35.0.01N (1)	0,335
2	SA 35.0 N (2)	0,848	SA 35.0.01N (2)	0,476
3	SA 35.0 N (3)	2,928	SA 35.0.01N (3)	1,823
4	SA 35.0 N (4)	9,526	SA 35.0.01N (4)	8,536
5	SA 35.0 N (5)	25,328	SA 35.0.01N (5)	36,328
6	SA 35.0 N (6)	32,728	SA 35.0.01N (6)	41,753
7	SA 35.0 N (7)	38,62	SA 35.0.01N (7)	45,652

Mengetahui/Menyetujui
Ka. Bidang Teknofisikokimia

Dr.Ir.Drs.Kris Tri Basuki, M.Sc.,APU

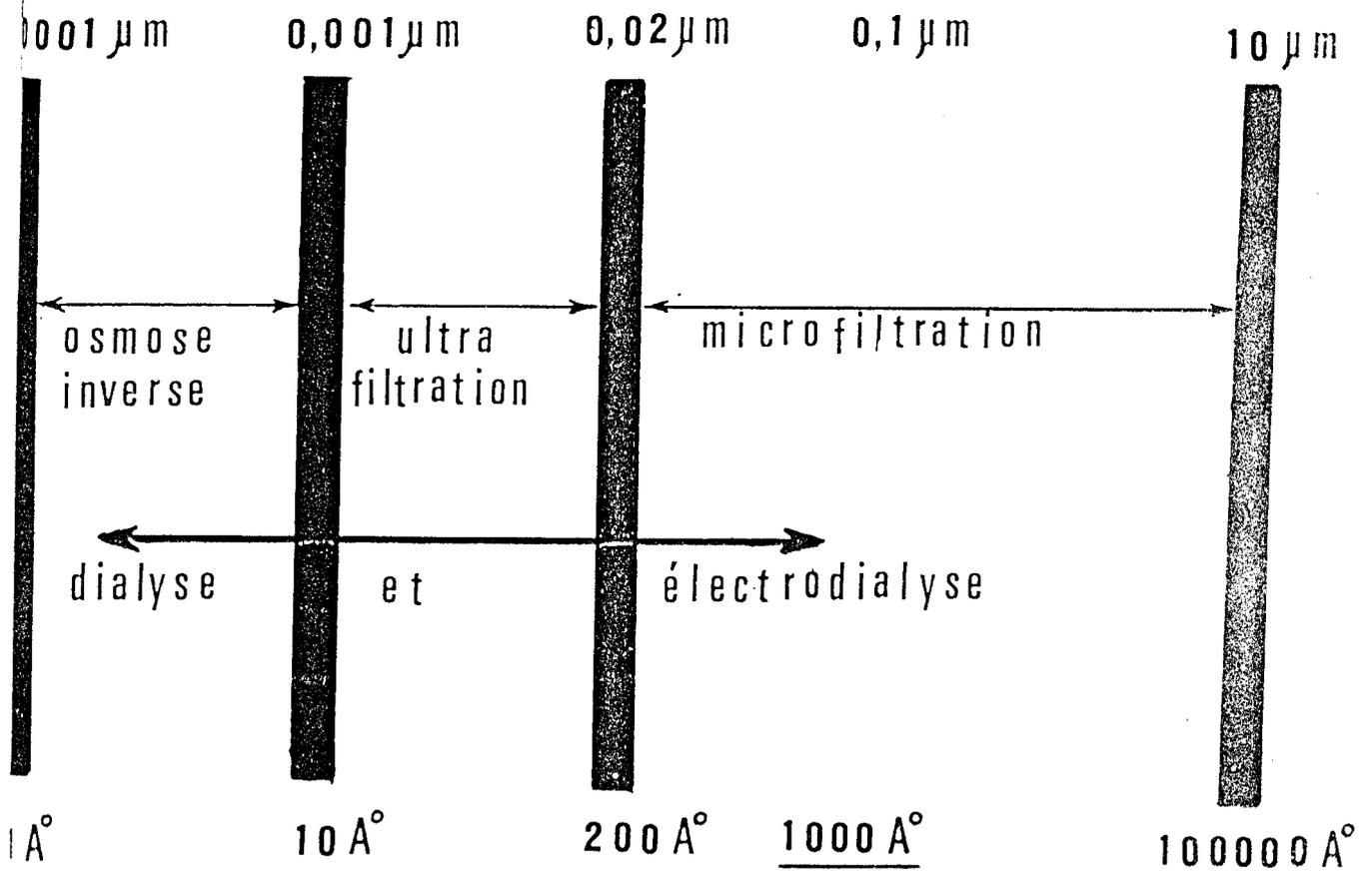
Yogyakarta, 22 Agustus 2005

Operator

Imam Prayogo, A.Md.

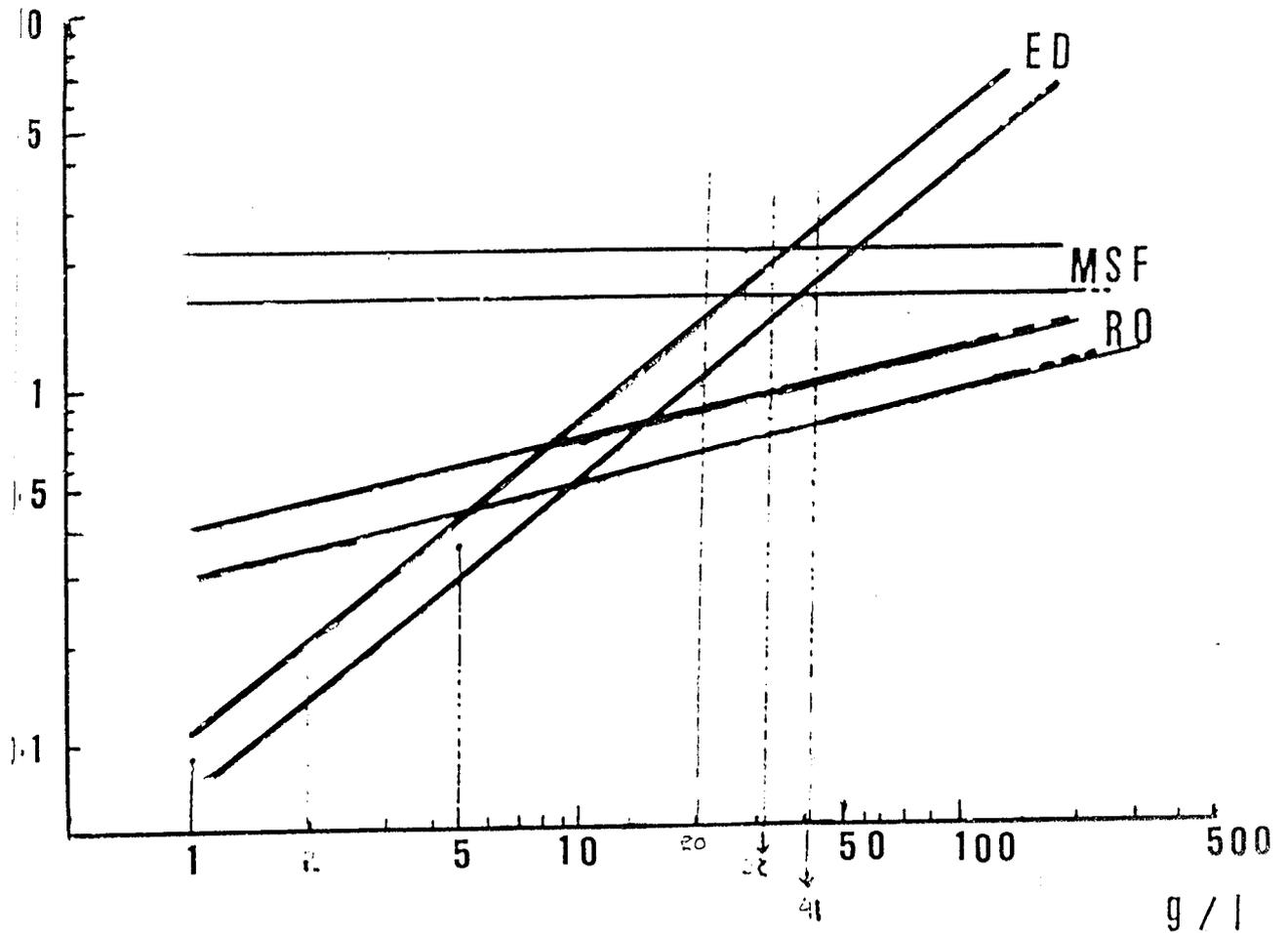
LAMPIRAN 4
POTENSIO ELEKTRO

MICROFILTRATION
ULTRAFILTRATION
OSMOSE INVERSE
ELECTRODIALYZE



Valeurs en Angstrom.

Une molécule : 10 à 20 \AA



Le coût du procédé « \$/m³ » en fonction de la concentration de départ.

ED : électrodialyse

RO : osmose inverse

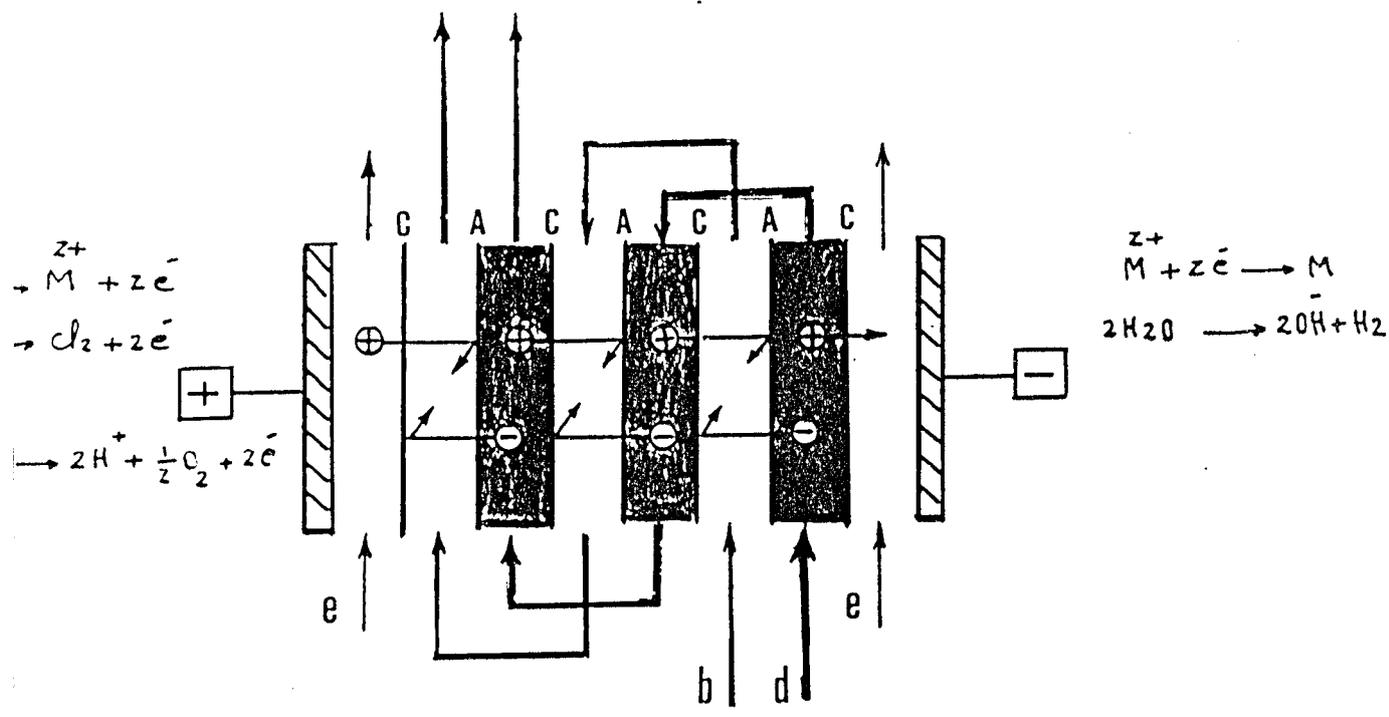
MSF: distillation

eau mer atlantique: $c_{Cl^-} = 19.353 \text{ g/l} \rightarrow C_{NaCl} = 32 \text{ g/l}$

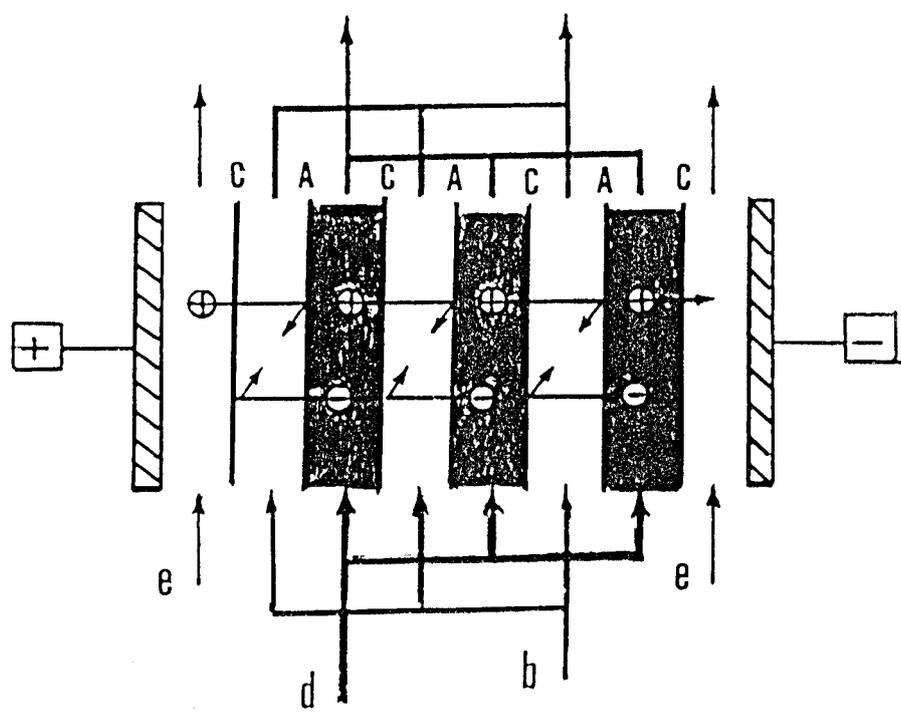
$t = 20^\circ \text{C}$, $\pi = 25.3 \text{ bar}$

eau golfe arabique: $c_{Cl^-} = 24.9 \text{ g/l}$ $C_{NaCl} = 41 \text{ g/l}$

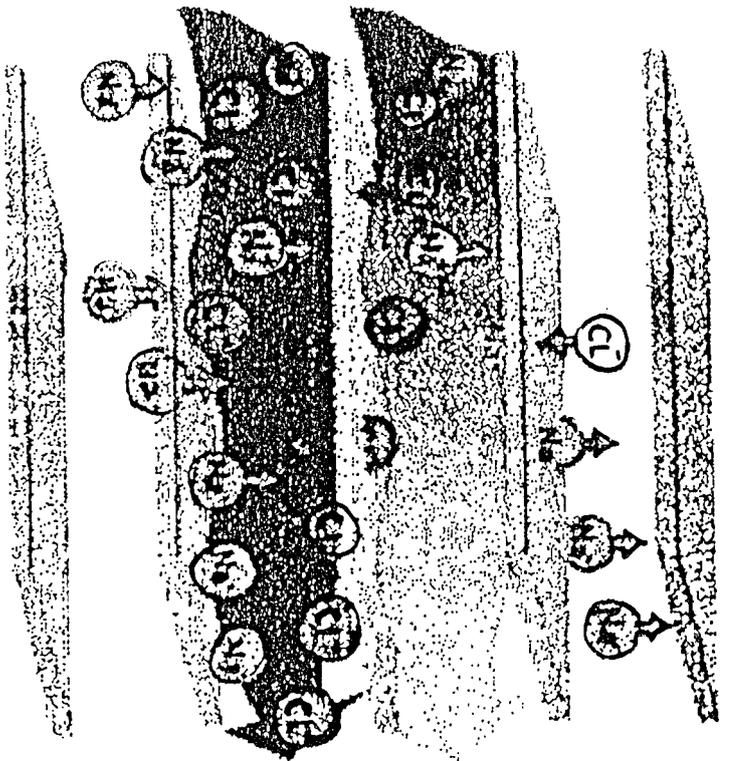
saumure : $2 \text{ g sel par litre}$, $\pi = 1.5 \text{ bar}$



Association en série de motifs d'électrodialyse .



Association en parallèle de motifs d'électrodialyse .



SS Cathode (+)

Cation-Transfer
Membrane

Demineralized
Product

Anion-Transfer
Membrane

Concentrate

Cation-Transfer
Membrane

Cu Anode (-)

LAMPIRAN 5

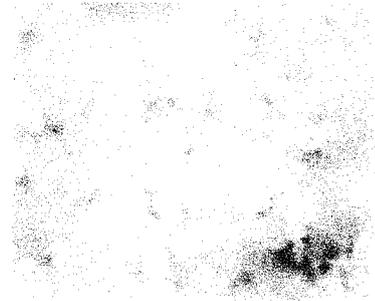
HASIL KEGIATAN PENELITIAN

Lampiran hasil kegiatan penelitian

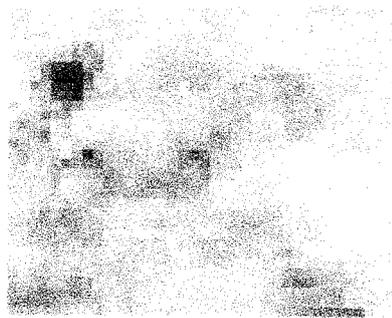
Membran zeolit pada alat proses elektro membran zeolit



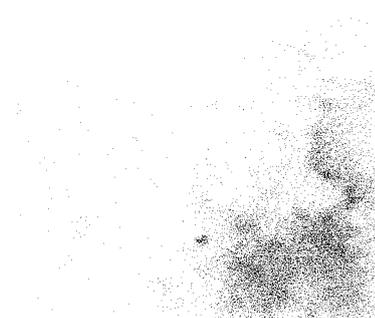
a) Zeolit-P sebelum digunakan



b) Zeolit-P setelah digunakan

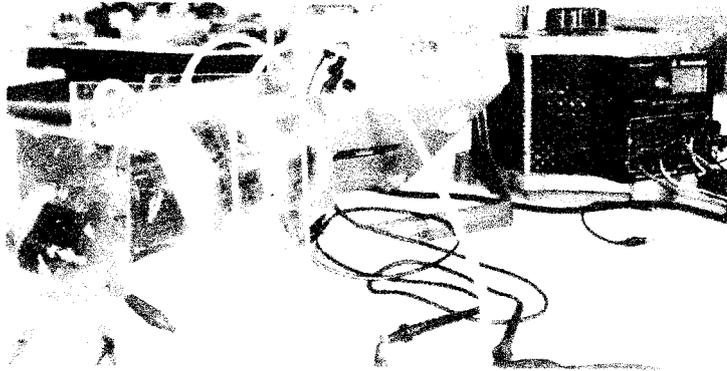


c) Zeolit-H sebelum digunakan



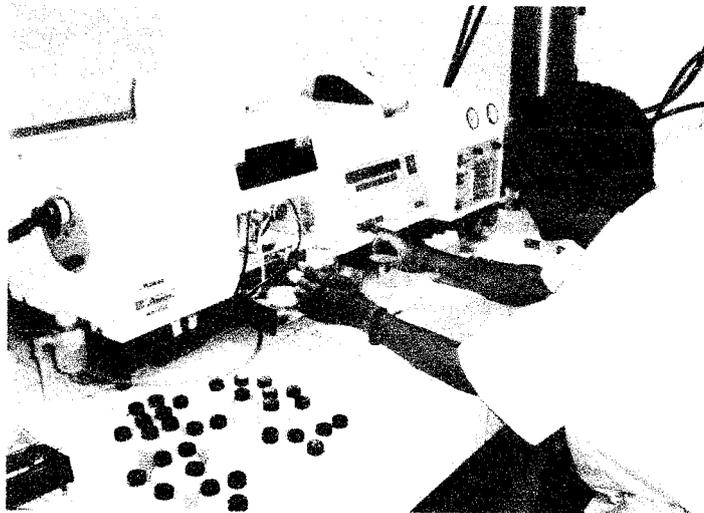
d) Zeolit-H setelah digunakan

Pengujian Alat proses



Kegiatan proses pengujian alat elektro membran zeolit

Proses Pengukuran sampel



Kegiatan pengambilan sampel untuk konsentrasi Cr
Dengan alat Atomic adsorption spektrofotometer (AAS)

LAMPIRAN 6

PERHITUNGAN EFISIENSI PENURUNAN KONSENTRASI KROM

Lampiran : Contoh perhitungan efisiensi

Diketahui

Konsentrasi Cr awal/C1 = 95.23 ppm

Konsentrasi Cr Lolos/C2 = 0.4167 ppm

Konsentrasi Cr terjerap = 95.23 ppm - 0.4167 ppm

Konsentrasi Cr terjerap = 94.81 ppm

$$\text{Efisiensi} = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi} = \frac{95.23 \text{ ppm} - 0.4167 \text{ ppm}}{95.23 \text{ ppm}}$$

$$\text{Efisiensi} = 99.5624\%$$

Hasil Perhitungan

Tegangan = 0 volt

Larutan Elektrolit = 0 N

Cr Awal = 95.23 ppm

Q = 500 ml limbah + 500 ml (aquadest)

v = 20 ml/8 menit

No	Waktu	Selang Waktu	pH	Cr (lolos)	Cr (Terjerap)	Effes (%)
1	08.30	0	5.45	95.23		
2	09.30	60	5.84	0.4167	94.8133	99.56242781
3	10.30	120	5.53	4.645	90.585	95.1223354
4	11.30	160	5.5	6.359	88.871	93.32248241
5	12.30	240	5.47	13.76	81.47	85.55077182
6	13.30	300	5.33	17.24	77.99	81.8964612
7	14.30	360	5.37	21.83	73.4	77.07655151
8	15.30	400	5.44	28.71	66.52	69.85193741
Jumlah rata-rata						75.29787094

Tegangan = 0 volt
 Larutan Elektrolit = 0.01 N
 Cr Awal = 95.23 ppm
 Q = 500 ml limbah + 500 ml (aquadest)
 v = 20 ml/8 menit

No	Waktu	Selang Waktu	pH	Cr (Lolos)	Cr (Terjerap)	Effes (%)
1	08,30	0	5.45	95.23		
2	09,30	60	4.32	0.983	94.247	98.96776226
3	10,30	120	4.39	3.752	91.478	96.06006511
4	11,30	160	4.29	5.156	90.074	94.58573979
5	12,30	240	4.28	8.261	86.969	91.32521264
6	13,30	300	4.41	7.877	87.353	91.72844692
7	14,30	360	4.67	38.33	56.9	59.75007876
8	15,30	400	4.65	43.28	51.95	54.55213693
Jumlah rata-rata						73.3711803

Tegangan = 15 volt
 Larutan Elektrolit = 0 N
 Cr Awal = 95.23 ppm
 Q = 500 ml limbah + 500 ml (aquadest + Elektrolit)
 v = 20 ml/8 menit

No	Waktu	Ampermeter (mA)	Selang Waktu	pH	Cr (Lolos)	Cr (Terjerap)	Effs (%)
1	08,30	0.39	0	5.45	95.23		
2	09,30	0.5	60	5.86	0.193	95.037	99.79733
3	10,30	0.51	120	5.27	0.434	94.796	99.54426
4	11,30	0.49	180	5.53	0.954	94.276	98.99821
5	12,30	0.47	240	5.55	1.407	93.823	98.52252
6	13,30	0.46	300	5.57	7.738	87.492	91.87441
7	14,30	0.46	360	5.63	15.34	79.89	83.89163
8	15,30	0.46	400	5.55	21.49	73.74	77.43358
Jumlah rata-rata							81.25774

Tegangan = 15
volt

Larutan Elektrolit = 0.01 N

Cr Awal = 95.23

ppm

Q = 500 ml limbah + 500 ml (aquadest +
Elektrolit)

pH Awal = 5.45

No	Waktu	Ampermeter (mA)	Selang Waktu	pH	Cr (Akhir)	Cr (terjerap)	Effes (%)
1	08,30	0.4	0	5.45			
2	09,30	0.47	60	4.46	0.26	94.97	99.72698
3	10,30	0.48	120	4.44	0.383	94.847	99.59782
4	11,30	0.49	160	4.61	0.437	94.793	99.54111
5	12,30	0.48	240	4.53	2.475	92.755	97.40103
6	13,30	0.46	300	4.56	3.444	91.786	96.38349
7	14,30	0.48	360	4.64	11.67	83.56	87.74546
8	15,30	0.48	400	4.7	27.79	67.44	70.81802
Jumlah rata-rata							81.40174

Tegangan = 25
volt

Larutan Elektrolit = 0.01 N

Cr Awal = 95.23

ppm

Q = 500 ml limbah + 500 ml (aquadest +
Elektrolit)

v = 20 ml/8 menit

No	Waktu	Ampermeter (mA)	Selang Waktu	pH	Cr (Lolos)	Cr (Terjerap)	Effes (%)
1	08,30	0.87	0	5.45			
2	09,30	0.98	60	4.46	0.339	94.891	99.6440197
3	10,30	0.97	120	4.44	0.498	94.732	99.4770555
4	11,30	0.95	160	4.61	0.786	94.444	99.1746298
5	12,30	0.98	240	4.53	1.475	93.755	98.4511183
6	13,30	0.97	300	4.56	8.248	86.982	91.3388638
7	14,30	1.01	360	4.64	12.113	83.117	87.2802688
8	15,30	1.02	400	4.7	13.482	81.748	85.8426966
Jumlah rata-rata							82.6510816

Tegangan = 25
volt

Larutan Elektrolit = 0 N

Cr Awal = 95.23

ppm

Q = 500 ml limbah + 500 ml (aquadest +
Elektrolit)

v = 20 ml/8 menit

No	Waktu	Ampermeter (mA)	Selang Waktu	pH	Cr (Lolos)	Cr (Terjerap)	Effes (%)
1	08,30	0.89	0	5.45			
2	09,30	0.98	60	6.33	0.367	94.863	99.6146172
3	10,30	0.97	120	5.98	0.77	94.46	99.1914313
4	11,30	0.93	160	5.43	10.213	85.017	89.2754384
5	12,30	0.97	240	5.51	23.37	71.86	75.4594141
6	13,30	0.98	300	5.55	49.58	45.65	47.9365746
7	14,30	0.99	360	5.54	48.69	46.54	48.871154
8	15,30	0.99	400	5.55	57.83	37.4	39.2733382
Jumlah rata-rata							62.452746

Tegangan =

35 volt

Larutan Elektrolit = 0 N

Cr Awal =

95.23 ppm

Q = 500 ml limbah + 500 ml (aquadest +
Elektrolit)

v = 20 ml/8

menit

No	Waktu	Ampermeter (mA)	Selang Waktu	pH	Cr (Lolos)	Cr (Terjerap)	Effes (%)
1	08,30		0	5.45			
2	09,30	1.61	60	5.62	0.625	94.605	99.3436942
3	10,30	1.72	120	5.57	0.748	94.482	99.2145332
4	11,30	1.81	160	5.52	2.928	92.302	96.9253387
5	12,30	1.82	240	5.53	13.526	81.704	85.7964927
6	13,30	1.83	300	5.56	25.328	69.902	73.4033393
7	14,30	1.85	360	5.58	32.728	62.502	65.6326788
8	15,30	1.85	400	5.56	38.62	56.61	59.4455529
Jumlah rata-rata							72.4702037

Tegangan =
 35 volt
 Larutan Elektrolit = 0.01 N
 Cr Awal =
 95.88 ppm
 Q = 500 ml limbah + 500 ml (aquadest +
 Elektrolit)
 v = 20 ml/8
 menit

No	Waktu	Ampermeter (mA)	Selang Waktu	pH	Cr (Lolos)	Cr (Terjerap)	Effes (%)
1	08,30	1.81	0	5.45			
2	09,30	1.96	60	4.46	0.335	94.895	99.6482201
3	10,30	1.98	120	4.52	0.476	94.754	99.5001575
4	11,30	1.95	160	4.53	1.823	93.407	98.0856873
5	12,30	1.97	240	4.55	8.536	86.694	91.0364381
6	13,30	1.98	300	4.62	36.328	58.902	61.8523575
7	14,30	1.98	360	4.74	41.753	53.477	56.1556232
8	15,30	1.98	400	4.81	45.652	49.578	52.0613252
Jumlah rata-rata							69.7924761

Tegangan = 0 volt
 Larutan Elektrolit = 0 N
 Cr Awal = 95.23 ppm
 Q = 500 ml limbah + 500 ml (aquadest)
 v = 20 ml/8 menit

No	Waktu	Selang Waktu	pH	Cr (lolos)	Cr (Terjerap)	Effes (%)
1	08,30	0	5.45	95.23		
2	09,30	60	5.84	0.4167	94.8133	99.56242781
3	10,30	120	5.53	4.645	90.585	95.1223354
4	11,30	160	5.5	6.359	88.871	93.32248241
5	12,30	240	5.47	13.76	81.47	85.55077182
6	13,30	300	5.33	17.24	77.99	81.8964612
7	14,30	360	5.37	21.83	73.4	77.07655151
8	15,30	400	5.44	28.71	66.52	69.85193741
Jumlah rata-rata						75.29787094

Tegangan = 0 volt
 Larutan Elektrolit = 0.01 N
 Cr Awal = 95.23 ppm
 Q = 500 ml limbah + 500 ml (aquadest)
 v = 20 ml/8 menit

No	Waktu	Selang Waktu	pH	Cr (Lolos)	Cr (Terjerap)	Effes (%)
1	08,30	0	5.45	95.23		
2	09,30	60	4.32	0.983	94.247	98.96776226
3	10,30	120	4.39	3.752	91.478	96.06006511
4	11,30	160	4.29	5.156	90.074	94.58573979
5	12,30	240	4.28	8.261	86.969	91.32521264
6	13,30	300	4.41	7.877	87.353	91.72844692
7	14,30	360	4.67	38.33	56.9	59.75007876
8	15,30	400	4.65	43.28	51.95	54.55213693
Jumlah rata-rata						73.3711803

Tegangan = 15 volt
 Larutan Elektrolit = 0 N
 Cr Awal = 95.23 ppm
 Q = 500 ml limbah + 500 ml (aquadest + Elektrolit)
 v = 20 ml/8 menit

No	Waktu	Ampermeter (mA)	Selang Waktu	pH	Cr (Lolos)	Cr (Terjerap)	Effs (%)
1	08,30	0.39	0	5.45	95.23		
2	09,30	0.5	60	5.86	0.193	95.037	99.79733
3	10,30	0.51	120	5.27	0.434	94.796	99.54426
4	11,30	0.49	180	5.53	0.954	94.276	98.99821
5	12,30	0.47	240	5.55	1.407	93.823	98.52252
6	13,30	0.46	300	5.57	7.738	87.492	91.87441
7	14,30	0.46	360	5.63	15.34	79.89	83.89163
8	15,30	0.46	400	5.55	21.49	73.74	77.43358
Jumlah rata-rata							81.25774

Tegangan = 15 volt

Larutan Elektrolit = 0.01 N

Cr Awal = 95.23 ppm

Q = 500 ml limbah + 500 ml (aquadest + Elektrolit)

pH Awal = 5.45

No	Waktu	Ampermeter (mA)	Selang Waktu	pH	Cr (Akhir)	Cr (terjerap)	Effes (%)
1	08,30	0.4	0	5.45			
2	09,30	0.47	60	4.46	0.26	94.97	99.72698
3	10,30	0.48	120	4.44	0.383	94.847	99.59782
4	11,30	0.49	160	4.61	0.437	94.793	99.54111
5	12,30	0.48	240	4.53	2.475	92.755	97.40103
6	13,30	0.46	300	4.56	3.444	91.786	96.38349
7	14,30	0.48	360	4.64	11.67	83.56	87.74546
8	15,30	0.48	400	4.7	27.79	67.44	70.81802
Jumlah rata-rata							81.40174