

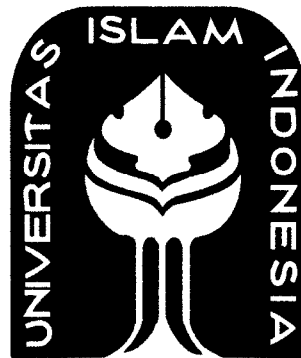
No : TA/TL/2006/0098

TUGAS AKHIR

PERPONTAKAN HESF ON	
HADIAG/REAJ	
TGL TERIMA :	15 Juli 2006.
NO. JUDUL :	002094
NO. INV. :	5120002044001.
NO. INDEX :	

PENURUNAN KADAR KHROM TOTAL, *TOTAL SUSPENDED SOLID* PADA AIR LIMBAH PENYAMAKAN KULIT DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR AEROKARBONFILTER

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



Oleh :

Nama : Hakim Nur Huda

No. Mahasiswa : 00 513 011

Program Studi : Teknik Lingkungan

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2006**

LEMBAR PENGESAHAN

PENURUNAN KADAR KHROM TOTAL(Cr) DAN *TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS)* PADA AIR LIMBAH PENYAMAKAN KULIT DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR AEROKARBONFILTER

Nama : Hakim Nur Huda
No. Mahasiswa : 00 513 056
Program Studi : Teknik Lingkungan

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen pembimbing I

Ir. H. Kasam, MT


Tanggal :

8-7-06

Dosen pembimbing II

Eko Siswoyo, ST


Tanggal :

8-7-06

PERSEMBAHAN

*Untuk yang memberikan
Seluruh kasih sayangnya
Sampai saat ini,
Tuk yang mencintai dan dicintai
Sehingga
Hidup
Ini
Jadi
Berarti*

*Tuk Ayah dan Ibu
Yang selalu berkorban
Demi kebahagiaan
anaknya*

MOTTO

*“Bersabarlah kamu dengan cara yang baik”
(QS. AL-MA’ARIJ 29:5)*

*Di antara mereka ada yang berjanji kepada ALLAH, “Jika ALLAH
memberikan karunianya kepada kami, pasti kami akan bersedekah dan akan jadi
orang yang saleh
(QS. At-Taubah 10:75)*

*“Kebajikan bukan sekedar menghadapkan wajahmu-wajahmu
ke arah timur dan barat”
(QS. AL-Baqarah 2:177)*

PENURUNAN KADAR KHROM dan *TOTAL SUSPENDED SOLID* PADA
LIMBAH INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT DENGAN MENGGUNAKAN
REAKTOR AEROKARBONFILTER

()
Eko Siswoyo, ST¹⁾, Ir. H. Kasam, MT²⁾, Hakim Nur Huda³⁾

INTISARI

Pengolahan limbah dengan menggunakan karbon aktif dan zeolit sebagai media telah banyak dilakukan peneliti sebelumnya. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan efisiensi antara kedua adsorben tersebut. Dengan pembuatan reaktor “aerokarbonfilter” yang diharapkan mampu menurunkan kadar Cr total dan TSS yang terkandung dalam limbah cair buangan industri penyamakan kulit. Reaktor aerokarbonfilter merupakan reaktor kombinasi dari proses aerasi, adsorpsi dan filtrasi. Air limbah dari penyamakan kulit ditampung dibak penampung kemudian dialirkan ke reaktor yang medianya dimulai dari aerasi, adsorpsi (karbon aktif dan zeolit), dan filtrasi, pengambilan sampel air limbah dilakukan pada *outlet* aerasi, *outlet* adsorpsi, dan *outlet* filtrasi dengan waktu pengambilan sampel tiap 30 menit. Dengan menggunakan metode analisa spektrofotometri serapan atom (SSA)-nyala (SNI 06-6989.17-2004) untuk parameter Cr dan cara uji padatan tersuspensi total (TSS) secara gravimetri (SNI 06-6989.3-2004) untuk parameter TSS.

Terfokus pada variasi perbandingan kedua adsorben, (karbon aktif dan zeolit) dengan waktu pengaliran (0, 30, 60, 90, 120 menit). Secara teoritis penurunan kandungan khrom total dan TSS disebabkan karena terjadinya proses adsorpsi, terjadi kontak antara sampel dengan permukaan adsorben. Hal ini terjadi karena adsorben mempunyai pori-pori yang dapat mengikat ion-ion khrom dan TSS sehingga ion tersebut menempel pada permukaan adsorben, dan dihasilkan *outlet* dengan kadar khrom total dan TSS lebih rendah dari *inlet*.

Hasil yang didapat dalam penelitian ini diketahui bahwa karbon aktif dapat menurunkan kandungan kadar khrom total, dengan efisiensi sebesar 95,15% pada menit ke-120 ; sedangkan zeolit dapat menurunkan kadar khrom sebesar 93,32% pada menit ke-90. Dengan hasil ini diketahui bahwa adsorben yang lebih efektif menurunkan kandungan khrom total dalam limbah cair industri penyamakan kulit adalah karbon aktif.

Kata Kunci : karbon aktif, zeolit, efektifitas, Cr, TSS, waktu pengaliran.

¹ Staf Pengajar, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan - Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

² Staf Pengajar, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan - Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

³ Mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan - Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

The Decrease of Chrom (Cr), and Total Suspended Solid (TSS) In Waste Water Industrial of Leather Tanning by Using Aerokarbonfilter Reactor

()
Eko Siswoyo, ST⁴⁾, Ir. H. Kasam, MT⁵⁾, Hakim Nur Huda⁶⁾

ABSTRACT

Waste treatment using active carbon and zeolite as media have a lot of done by previous researcher. This research is trying to compare the efficiency between those two adsorbents. With the making of reactor aerokarbonfilter hope that be able to degrade totalize chrom (Cr) and total suspended solid (TSS) which is consist in waste water industrial leather tanning. Aerokarbonfilter reactor is combination reactor from the process aeration, adsorption, and filtration. Waste water from leather tanning which is in reservoir then flow to the media reactor begin from aeration, adsorption (active carbon and zeolite) and filtration, sample intake from aeration outlet, adsorption outlet, and filtration outlet. Using the method of analyse spectrofotometri serapan atom (SSA)-nyala (SNI 06-6989.17-2004) for chrom (Cr) and way test of Total Suspended Solid (TSS) in gravimetri (SNI 06-6989.3-2004) for TSS.

Focusing between those two adsorbent variation (active carbon and zeolite) with retention time (0, 30, 60, 90, 120). Theoretically the decrease of concentration chrom (Cr) totalize and total suspended solid (TSS) caused by adsorption process, make contact between the sample with the surface of adsorbent. This matter happened cause adsorbent have pores which can fasten ions of chrom and TSS so that the ion patch at the surface of adsorbent, and result outlet with rate khrom totalize and TSS lower than inlet.

The result in this research are that the active carbon able to decrease khrom totalize, with the efficiency 95,15% in the minute of 120; while zeolite able to decrease crom totalize with the efficiency 93,32%. With this result known that the most effective adsorbent able decrease content khrom totalize in waste water industry leather tanning is active carbon.

Keyword : active carbon, zeolite, effective, Cr, TSS, retention time

⁴ Staf Pengajar, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan - Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

⁵ Staf Pengajar, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan - Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

⁶ Mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan - Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

KATA PENGANTAR



Dengan memanjatkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan yang Maha Tunggal, Pencipta Alam Semesta beserta isinya dan tempat berlindung bagi Umat-Nya, tidak lupa juga shalawat dan salam kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW, Rasul seluruh umat manusia,

Alhamduulillahirabbil'alamin Laporan Tugas Akhir dengan judul **“PENURUNAN KADAR KHROM TOTAL dan TOTAL SUSPENDED SOLID DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR AEROKARBONFILTER”**, dapat terselesaikan. Tugas akhir ini merupakan puncak dari seluruh kegiatan perkuliahan dalam mendapat predikat Sarjana Strata 1 Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak pada kesempatan ini, penyusun ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT, Tuhan yang Maha Esa
2. Bapak Luqman Hakim, ST, Msi selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

3. Bapak Eko Siswoyo, ST. selaku Dosen Pembimbing I Tugas akhir, dan sekaligus selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak IR. H. Kasam, MT. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir
5. Bapak Hudori, ST dan Bapak Andik Yulianto, ST, selaku dosen Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
6. Bapak Tasyono, selaku pembimbing Laboratorium Kualitas Lingkungan Universitas Islam Indonesia, hampir lupa,hee.. Iwan asisten Lab.
7. Bapak/Ibuku tersayang, yang selama ini selalu memberikan motivasi, Do'a maupun material kepadaku, terima kasih ya Pak/Bu... jasmu takkan terbalaskan sampai kapanpun.
8. Mas Pipien, Adik-adikku Affan, Azis, Isna thanks ya Bro atas dukungannya? (LOVE U ALL)
9. Pak Wid yang telah membantu nyari judul TA
10. Pak Joko selaku kepala IPAL PT. ASABA
11. Arif, Ervan, Nurul, Asti, Irma selaku teman seangkatan thanx for helping me.
12. Teman-temanku Satu ATAP; Adi(cayo ojo molor truss..), Dudi(ya ampiun diet yo), Yoga(No maden,Hipiies), Ade(ka2nya mahmud), Am(hitam manis dikit,hee...), Abu(jo nggambleh wae), Mahmud(model kontrakan), mas Slamet yang dituakan(ti2p anak2 yo), Aldy n Zainal yang dah ga dijogja I MISS U SO MUCH, muaahh..

13. Spesial thanks to Ndut :) makasih atas waktu yang kau berikan, semoga menjadi kenangan yang indah (ra ng' gambleh wae,hee..)
14. Wahyu n friends yang dah ngerepotin (ne2k cerewet, wueek...)
15. To jogjakarta, tuk masyarakatnya, budayanya, makanannya. (Uenak tenan)
16. Dan semua yang telah membantuku yang nggak bisa kusebut satu persatu, terima kasih banyak atas bantuannya. Serta keluarga besar TL'00

Penulis menyadari bahwa sebagai manusia biasa tentu tidak luput dari kesalahan. Apabila terdapat suatu kesalahan itu merupakan suatu kealpaan dari saya dan apabila terdapat kebenaran itu hanya datang dari Allah SWT semata. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritikan dan masukan demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis mengharapkan bahwa laporan ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam penilaian akhir dari Tugas Akhir ini, Amin....

وَالسَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Jogjakarta, Juli 2006

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
INTISARI.....	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi

BAB I PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang.....	1
1.2	Rumusan Masalah.....	3
1.3	Batasan Masalah.....	4
1.4	Tujuan Penelitian.....	5
1.5	Manfaat Penelitian.....	5
1.6	Sistematika Tugas Akhir.....	6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1	Lingkungan Hidup.....	8
2.2	Pengertian Air Limbah.....	8
2.2.1	Pencemaran Terhadap Badan Air.....	9
2.2.2	Pengolahan air Limbah atau Air Buangan.....	10
2.3.	Logam Berat.....	12
2.4.	Khromium.....	14
2.4.1	Khromium Dalam Lingkungan.....	16
2.4.2	Kegunaan Khrom (Cr) Dalam Lingkungan.....	18
2.4.3	Keracunan Khromium.....	18
2.4.4	Prinsip Analisa Logam Khromium.....	20
2.5.	Penyamakan Kulit.....	22
2.5.1.	Bahan Penyamak Kulit.....	23
2.5.2.	Bahan Baku Proses Penyamakan Kulit.....	24
2.5.3.	Proses Penyamakan Kulit.....	25
2.5.4.	Limbah Industri Penyamakan Kulit.....	31
2.5.5.	Sumber Limbah Industri Penyamakan Kulit.....	32
2.6.	Total Suspended Solid (TSS).....	33
2.7.	Fungsi Aerasi, Adsorpsi, Filtrasi pada Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit.....	35
2.7.1.	Pengolahan Secara Aerob.....	35
2.8.	Aerasi.....	36
2.8.1.	Aerasi (Gas Transfer).....	36

2.8.2.	Mekanisme Transfer Gas.....	37
2.8.3.	Jenis-jenis Aerasi.....	38
2.9.	Adsorpsi.....	40
2.9.1.	Pengertian Adsorpsi.....	40
2.9.2.	Mekanisme Adsorpsi.....	41
2.9.3.	Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi.....	43
2.10.	Karbon Aktif.....	46
2.10.1.	Struktur Karbon.....	47
2.10.1.1.	Daya Serap Karbon Aktif.....	50
2.10.1.2.	Proses Pembuatan Karbon Aktif.....	52
2.11.	Zeolit.....	55
2.11.1.	Pengertian Dasar Zeolit.....	55
2.11.2.	Struktur Zeolit.....	56
2.11.3.	Sifat Fisik Zeolit.....	60
2.11.4.	Sifat Zeolit.....	62
2.11.5.	Manfaat Zeolit.....	64
2.11.5.1.	Dalam Bidang Pengelolaan Limbah Industri dan Nuklir.....	64
2.11.5.2.	Bidang Proses Industri.....	64
2.11.5.3.	Bidang Pertanian dan Lingkungan.....	65
2.12.	Pengertian Filtrasi.....	66
2.12.1.	Tipe Filter.....	69
2.12.2.	Jenis-jenis Filter Berdasarkan Sistem Operasi dan	

2.12.2. Jenis-jenis Filter Berdasarkan Sistem Operasi dan Media.....	70
2.13. Pasir Kuarsa.....	73
2.13.1. Susunan Kimia Pasir.....	73
2.13.2. Karakteristik Fisik Pasir.....	73

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian.....	76
3.2. Objek Penelitian.....	76
3.3. Jenis Penelitian.....	77
3.4. Metode Pengumpulan Data.....	77
3.5. Variabel Penelitian.....	77
3.6. Alat dan Bahan Penelitian.....	78
3.6.1. Desain Reaktor.....	78
3.6.2. Alat dan Bahan yang Digunakan.....	79
3.7. Pelaksanaan Penelitian.....	81
3.7.1. Tahap Persiapan.....	81
3.7.2. Tahap Pelaksanaan Percobaan.....	82
3.7.2.1. Pengoperasian Instalasi.....	82
3.7.2.2. Pemeriksaan Parameter.....	83
3.7.3. Gambar Reaktor Aerokarbonfilter.....	84
3.7.4. Diagram Alir Penelitian.....	85
3.8. Analisis Data.....	86

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1.	Analisis Hasil Penelitian.....	87
4.1.1.	Kandungan Khrom (Cr) Total dan TSS pada Air Limbah.....	87
4.1.1.1	Penurunan Khrom Total.....	88
4.1.1.2	Proses Aerasi Terhadap Konsentrasi Khrom Total.....	90
4.1.1.3	Penurunan Khrom Total dengan Proses Adsorpsi.....	95
4.1.1.4	Proses Filtrasi Terhadap Konsentrasi Khrom Total.....	98
4.1.1.4.1	Pengoperasian Filter.....	98
4.2.	Perbandingan Efisiensi Karbon Aktif dan Zeolit.....	103
4.3	Analisa Statistik.....	104
4.3.1.	Analisa Statistik Konsentrasi Khrom Total.....	104
4.4	Penurunan TSS (<i>Total Suspended Solid</i>).....	105
4.4.1.	Analisa Statistik Konsentrasi TSS (<i>Toatal Suspended Solid</i>).....	109

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1.	Kesimpulan.....	110
5.2.	Saran.....	111

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

No	Keterangan	Halaman
Tabel 2.1.	Beberapa sifat fisik logam khromium.....	15
Tabel 2.2.	Sumber dan jenis buangan industri penyamakan kulit.....	32
Tabel 2.3.	Syarat mutu arang aktif.....	46
Tabel 2.4.	Penggunaan karbon aktif.....	55
Tabel 2.5.	Klasifikasi zeolit.....	59
Tabel 2.6.	Perbandingan konstruksi & operasi antara filter pasir lambat dan filter pasir cepat.....	70
Tabel 2.7.	Arang aktif jenis granular.....	72
Tabel 2.8.	Arang aktif jenis serbuk/bubuk.....	72
Tabel 3.1.	Dimensi reaktor.....	78
Tabel 4.1.	Hubungan antara waktu dengan konsentrasi khrom total pada air limbah dengan menggunakan aerasi, karbon aktif, dan filtrasi.(perc.I).....	89
Tabel 4.2.	Hubungan antara waktu dengan konsentrasi khrom total dengan menggunakan aerasi, zeolit, dan filter.(perc.II).....	90
Tabel 4.3.	Perbandingan efisiensi removal karbon aktif dan zeolit	103
Tabel 4.4.	Konsentrasi TSS terhadap waktu pada media adsorben karbon aktif.....	105
Tabel 4.5.	Klasifikasi Padatan di Perairan Berdasarkan Ukuran Diameter.....	107
Tabel 4.6.	Konsentrasi TSS Terhadap Waktu Pada Media Adsorben zeolit...	108

DAFTAR GAMBAR

No	Keterangan	Halaman
Gambar 2.1.	Tetrahedra alumina dan silika (TO_4) pada struktur zeolit.....	57
Gambar 2.2.	Unit Bangun Sekunder Struktur Zeolit.....	59
Gambar 2.3.	<i>Mechanical straining</i> dan <i>physical adsorption</i>	67
Gambar 3.1.	Sketsa reaktor aerokarbonfilter.....	84
Gambar 3.2.	Diagram alir penelitian.....	85
Gambar 4.1.	Grafik hubungan waktu dengan Khrom pada berbagai media proses (Inlet, Aerasi, Adsorpsi, Filtrasi) (Percobaan.I).....	89
Gambar 4.2.	Hubungan waktu dengan konsentrasi khrom pada berbagai media proses (Inlet, Aerasi, Adsorpsi, Filtrasi) (Percobaan II)...	90
Gambar 4.3.	Hubungan konsentrasi inlet khrom total dengan outlet media adsorben (zeolit).....	103
Gambar 4.4.	Hubungan konsentrasi inlet khrom total dengan outlet media adsorben (karbon aktif).....	103
Gambar 4.5.	Perbandingan Efisiensi removal karbon aktif dan zeolit.....	104
Gambar 4.6.	Grafik Hubungan Waktu Terhadap Konsentrasi TSS dengan Media Karbon Aktif.....	106
Gambar 4.7.	Grafik hubungan waktu terhadap konsentrasi TSS dengan media zeolit.....	108

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Permasalahan lingkungan hidup akan terus muncul di berbagai pelosok bumi sepanjang penduduk bumi tidak segera memikirkan dan mengutamakan keselamatan dan keseimbangan lingkungan hidup itu sendiri. Demikian juga di Indonesia, permasalahan lingkungan hidup seolah-olah seperti dibiarkan seiring dengan semakin meningkatnya perkembangan penduduk dan perkembangan teknologi di era globalisasi seperti sekarang ini.

Perkembangan penduduk juga membawa dampak kepada perkembangan teknologi menuju ke suatu teknologi yang baru dan canggih di dalam era globalisasi yang mana tanpa disadari akan menghasilkan dampak kepada manusia seperti kuantitas / jumlah limbah yang dihasilkan semakin meningkat. Limbah merupakan suatu produk sisa dari suatu aktifitas / kegiatan manusia yang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan sekitarnya apabila tidak dikelola secara tepat dan dapat mengakibatkan pencemaran terhadap lingkungan baik udara, air, maupun tanah. Dampak negatif yang timbul dapat mengakibatkan, antara lain :

1. Bahaya bagi kesehatan manusia, karena dapat membawa suatu penyakit
2. Dapat merusak atau membunuh kehidupan di dalam air
3. Warna dan bau mengganggu estetika lingkungan

Di Daerah Jogjakarta banyak terdapat Industri kecil dan rumah tangga yang bergerak di bidang pembuatan tempe, kerajinan perak, industri batik dan penyamakan kulit yang mana dari kegiatan tersebut menghasilkan limbah cair yang masih terdapat unsur atau senyawa yang masih berbahaya bagi kesehatan manusia. Dalam penelitian ini Industri yang digunakan adalah industri penyamakan kulit yang banyak menghasilkan limbah khrom yang mana limbah tersebut dapat berupa padat (*solid waste*), limbah cair (*liquid waste*), limbah gas (*gaseous waste*), limbah khrom merupakan salah satu bahan limbah berbahaya dan beracun (B₃).

Bahan berbahaya dan beracun, yang lebih akrab dengan singkatan B₃, keberadaannya di Indonesia makin hari makin mengkhawatirkan. Lebih dari 75% bahan berbahaya dan beracun (B₃) merupakan sumbangan dari sektor industri melalui limbahnya, sedangkan sisanya berasal dari sektor lain termasuk rumah tangga yang menyumbang 5-10% dari total limbah B₃ yang ada. Peningkatan jumlah limbah bahan berbahaya dan beracun di Indonesia antara kurun waktu 1990 – 1998 saja mencapai 100 % (tahun 1990 sekitar 4.322.862 ton dan pada tahun 1998 mencapai 8.722.696 ton). Jumlah ini akan naik drastis seiring dengan perkembangan industrialisasi yang cukup pesat di negara berkembang seperti Indonesia. (Sumber : Direktorat Pengelolaan Limbah dan B₃ BAPEDAL).

Industri penyamakan kulit merupakan salah satu jenis industri di Indonesia yang potensi pencemarannya cukup tinggi. Ditinjau dari proses pengolahan kulit mentah menjadi kulit tersamak disamping menggunakan air yang cukup banyak, juga menggunakan bahan-bahan kimia yang sebagian akan ikut keluar bersama-sama dengan limbah yang dibuang. Jumlah limbah yang dihasilkan cukup besar,

misalnya limbah padat, cair dan gas yang merupakan penghasil bau yang mengganggu sehingga perlu pengolahan an pengelolaan secara baik dan benar.

Pabrik kulit disamping menghasilkan produk kulit yang siap untuk digunakan juga menghasilkan limbah. Limbah pabrik kulit menghasilkan bahan organik yang tinggi, bersifat asam dan juga mengandung logam berat Cr.

Untuk mencegah terjadinya pencemaran terhadap lingkungan maka dicari alternatif yang dapat mengurangi atau menghilangkan unsur-unsur logam berat khrom yang membahayakan dari air buangan itu. Salah satu cara pengolahan air limbah itu dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi pengolahan aerasi, adsorben (arang aktif dan zeolit), dan pasir filter, teknologi ini merupakan salah satu metode atau teknologi yang dapat digunakan untuk menanggulangi limbah khrom dengan cara penyerapan/(adsorpsi) dan penyaringan/(filtrasi). Diharapkan dengan reaktor aerokarbonfilter yang bagiannya terdiri atas tiga susunan yaitu aerasi, media adsorpsi (karbon aktif dan zeolit), filter (pasir) mampu bekerja secara optimal untuk menurunkan konsentrasi khrom (Cr) dan *Total Suspended Solid*(TSS). Dengan cara ini diharapkan limbah khrom yang dikeluarkan kadarnya dapat dikurangi seminimal mungkin, sehingga pencemaran lingkungan dapat diminimalisasi atau ditiadakan.

1.2. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan uraian di atas maka dapat dirumuskan masalahnya yaitu :

1. Apakah reaktor (aerasi, adsorben (karbon aktif dan zeolit), dan pasir filter) dapat digunakan sebagai bahan atau media untuk menurunkan konsentrasi

khrom (Cr), dan TSS (*Total Suspended Solid*) pada limbah cair untuk industri penyamakan kulit.

2. Seberapa besar efisiensi penurunan konsentrasi Khrom, dan TSS (*Total Suspended Solid*) yang terjadi pada proses aerasi, adsorpsi, filtrasi dengan menggunakan reaktor Aerokarbonfilter tersebut.
3. Bagaimana perbandingan efektifitas antara kedua adsorben yaitu arang aktif dan zeolit terhadap penurunan konsentrasi Khrom, dan TSS (*Total Suspended Solid*) yang terdapat pada limbah penyamakan kulit.

1.3. BATASAN MASALAH

Dari rumusan masalah yang telah ditentukan maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Reaktor yang digunakan adalah reaktor yang susunannya terdiri atas aerasi, adsorben (karbon aktif & zeolit) dan filtrasi (pasir kuarsa).
2. Variasi pengolahan terdapat pada adsorben yaitu antara karbon aktif dan Zeolit.
3. Bahan baku berasal dari limbah cair industri penyamakan kulit.
4. Parameter yang diukur adalah: Khrom total dan TSS
5. Aerasi menggunakan tipe multiple tray aerasi dengan jumlah 4 tray, ketebalan karbon aktif 30 cm, dan filter menggunakan saringan pasir cepat dengan ketebalan 30 cm.
6. Pengambilan sampel air pada menit ke 0, 30, 60, 90, 120.
7. Sistem pengaliran kontinyu

8. Diameter butiran zeolit berdasarkan pada ukuran *effective size* butiran granular yaitu sekitar 20 – 50 mesh.¹
9. Bahan untuk media filter menggunakan pasir kuarsa.
10. Lama waktu pengaliran air baku (0, 30, 60, 90, 120) menit

1.4. TUJUAN PENELITIAN

Sesuai dengan permasalahan tersebut di atas penelitian ini bertujuan :

1. Untuk mengetahui penurunan konsentrasi Khrom(*Cr*) Total, dan TSS (*Total Suspended Solids*) pada limbah cair industri penyamakan kulit dengan menggunakan reaktor aerasi, adsorben (karbon aktif dan zeolit), dan filter (pasir kuarsa).
2. Untuk mengetahui variasi adsorben yang optimal antara arang aktif dan zeolit dalam reaktor aerokarbonfilter untuk menurunkan konsentrasi Khrom (*Cr*) Total dan TSS (*Total Suspended Solids*) pada limbah cair industri penyamakan kulit.
3. Untuk mengetahui besarnya efisiensi penurunan konsentrasi Khrom (*Cr*) Total dan TSS (*Total Suspended Solids*) pada limbah cair industri penyamakan kulit.

1.5. MANFAAT PENELITIAN

Adapun manfaat penelitian yang diharapkan adalah :

1. Memberikan data atau informasi tentang kemampuan media aerasi, adsorben (karbon/arang aktif dan zeolit), dan sand filter dalam reaktor

¹ Satuan Operasi untuk pengolahan air, Ali Masduki & Agus Slamet

sebagai bahan adsorpsi dan penyaring/filtrasi (pasir kuarsa) untuk menurunkan kadar Khrom Total, TSS (*Total Suspended Solids*) pada limbah cair industri penyamakan kulit.

2. Mencegah dan mengurangi pencemaran oleh limbah cair industri penyamakan kulit terhadap makhluk hidup dan lingkungan.
3. Menciptakan produk yang ramah lingkungan
4. Memberikan motivasi kepada peneliti yang lain yang tertarik guna mengadakan penelitian lebih lanjut untuk menyempurnakan hasil yang diperoleh khususnya pengolahan limbah Khrom.
5. Sebagai penambah wawasan ilmu pengetahuan di bidang pengolahan air bersih.

1.6 SISTEMATIKA TUGAS AKHIR

Pada tugas akhir ini dibagi dalam lima bab yang dimaksudkan untuk memberikan suatu kerangka tentang isi dari tugas akhir ini, sehingga dapat dihubungkan antara bab yang satu dengan yang lainnya.

Sistematika penulisan Tugas Akhir secara garis besar adalah sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini merupakan pengantar permasalahan yang dibahas, seperti latar belakang masalah, identifikasi masalah, perumusan masalah, identifikasi masalah, tujuan penelitian dan manfaat penelitian.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini merupakan penjelasan mengenai teori – teori yang dipergunakan sebagai landasan untuk pemecahan permasalahan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Lingkungan Hidup

Lingkungan menurut Slamet Ryadi (1976) adalah tempat dengan segala sesuatunya, dimana organisme hidup beserta segala keadaan dan kondisinya, yang secara langsung maupun tidak langsung dapat diduga ikut mempengaruhi tingkat kehidupan maupun kesehatan dari organisme tersebut.

Menurut Undang-Undang Pengelolaan Lingkungan Hidup Nomor 23 tahun 1997, yang dimaksud dengan lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup termasuk manusia dari perlakuannya yang mempengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain. (Anonim,1997)

2.2. Pengertian Air Limbah

Air limbah diartikan sebagai kejadian masuknya atau dimasukkannya benda padat, cair dan gas ke dalam air dengan sifatnya berupa endapan atau padat, padat tersuspensi, terlarut, koloid, emulsi yang menyebabkan air dimaksud harus dipisahkan atau dibuang dengan sebutan air buangan (Tjokrokusumo,1995).

Badan air yang telah terkena pencemaran baik fisik, kimia, maupun biologis pada umumnya akan mengalami pemurnian air secara alami. Pemurnian dari bahan harus memerlukan waktu dan panjang aliran tertentu dengan derajat pencemaran yang terjadi. Apabila suatu limbah ditampung dan dibuang begitu

saja tanpa mengalami proses pengolahan ataupun pemurnian secara alami, akibatnya adalah adanya perembesan limbah yang sudah tercemar tersebut kedalam air tanah atau perairan sekitarnya apabila kolam penampung limbah tidak terbuat dari bahan kedap air (Pramiyati,1992)

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

2.2.1. Pencemaran Terhadap Badan Air

Air merupakan substrat yang paling parah akibat berbagai pencemaran antara lain yang berasal dari :

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

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

2.2.2. Pengolahan Air Limbah atau Air Buangan

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

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

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

1. Karakteristik fisik

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

2. Karakteristik kimia

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

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

3. Karakteristik Biologis

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

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

Tujuan dari pengolahan air buangan adalah sebagai berikut :

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

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

1. Pengolahan secara fisik

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

2. Pengolahan secara kimia

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

3. Pengolahan secara biologis

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

2.3. Logam Berat

Air sering tercemar oleh komponen-komponen anorganik diantaranya berbagai logam berat yang berbahaya. Beberapa logam tersebut banyak digunakan dalam berbagai keperluan, oleh karena itu diproduksi secara rutin dalam skala industri. Logam-logam berat yang berbahaya dan sering mencemari lingkungan terutama Hg, Pb, As, Cd, Cu, dan Cr. logam-logam tersebut diketahui dapat

mengumpul/bersifat akumulatif apabila terus-menerus dalam jangka waktu lama sebagai racun terakumulasi.

Dalam perairan logam-logam dalam bentuk terlarut dan tidak terlarut. Yang terlarut adalah ion logam bebas air dan logam yang membentuk kompleks dengan senyawa organik dan anorganik. Tidak terlarut adalah terdiri dari partikel yang berbentuk koloid dan senyawa racun terakumulasi.

Air limbah yang mengandung logam-logam berat seperti Hg, Co, As, Cr baik secara sendiri-sendiri maupun dalam bentuk kombinasi dapat bersifat toksik bagi kehidupan organisme akuatis.

Karakteristik logam berat sebagai berikut (Palar,1994) :

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

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

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

2.4. Khromium (Cr)

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

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

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

Tabel 2.1. Beberapa Sifat Fisik Logam Khromium

Lambang	Cr
Nomor atom	24
Massa atom relatif (Ar)	51,996
Konfigurasi elektron	$3d^5 4s^1$
Jari-jari atom(nm)	0,117
Jari-jari ion m^{3+} (nm)	0,069
Keelektronegatifan	1,6

Energi ionisasi (I) kJ mol ⁻¹	659
Kerapatan (g cm ⁻³)	7,19
Titik leleh (°C)	1890
Titik didih (°C)	2475
Bilangan oksidasi	2, 3, 6
potensial elektroda (V)	
$M^{2+} (ag) + 2e \longrightarrow M(s)$	-0,56
$M^{3+} (ag) + e \longrightarrow M^{2+} (ag)$	-0,41

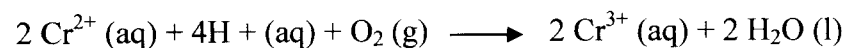
(Sumber : Achmad, H, 1992 kimia unsur dan radio kimia)

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

Berdasarkan sifat-sifat kimianya, logam khromium dalam persenyawaannya mempunyai bilangan oksidasi +2, +3 dan +6. logam ini tidak dapat teroksidasi oleh udara yang lembab, bahkan pada proses pemanasan, cairan logam teroksidasi dalam jumlah yang sangat sedikit, tetapi dalam udara yang mengandung karbondioksida (CO₂) dalam konsentrasi tinggi logam Cr dapat mengalami peristiwa oksidasi dan membentuk Cr₂O₃. Khromium 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 khromium mempunyai sifat yang berbeda-beda sesuai dengan valensi yang dimilikinya. Senyawa yang terbentuk dari logam Cr^{2+} akan bersifat basa, dalam larutan air khromium (II) adalah reduktor kuat dan mudah dioksidasi di udara menjadi senyawa khromium (III) dengan reaksi :



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

Khromium 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 khromium (IV) kebanyakan bersifat asam.

2.4.1. Khromium (Cr) dalam Lingkungan

Logam Cr dapat masuk ke dalam semua strata lingkungan, baik pada strata perairan, tanah maupun udara (lapisan atmosfer). Logam Cr yang masuk ke dalam strata lingkungan datang dari berbagai sumber, tetapi yang paling banyak adalah

dari kegiatan-kegiatan perindustrian, rumah tangga dan pembakaran serta mobilisasi bahan bakar.

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

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

Logam khrom dalam perairan akan mengalami proses kimia seperti reaksi reduksi-oksidasi (redoks), yang dapat mengakibatkan terjadinya pengendapan atau sedimentasi logam khrom didasar perairan. Proses kimiawi yang berlangsung dalam badan air juga dapat mengakibatkan terjadinya reduksi dari senyawa-senyawa Cr^{6+} yang sangat beracun menjadi Cr^{3+} yang kurang beracun. Peristiwa reduksi ini dapat berlangsung apabila kondisi air bersifat asam. Untuk perairan dengan kondisi basa, ion-ion Cr^{3+} akan mengendap di dasar perairan.

2.4.2. Kegunaan Khrom (Cr) Dalam Lingkungan

Khromium telah dimanfaatkan secara luas dalam kehidupan manusia. Dalam industri metalurgi, 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 macam-macam peralatan, mulai dari peralatan rumah tangga sampai ke alat transportasi (Breck, W. G and Brown, R. C, 1997).

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

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

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

2.4.3. Keracunan Khromium

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

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

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

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

Kontaminasi logam Khromium dapat terjadi melalui :

1. Penghisapan udara tercemar

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

2. Kontak langsung

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

3. Makanan dan minuman

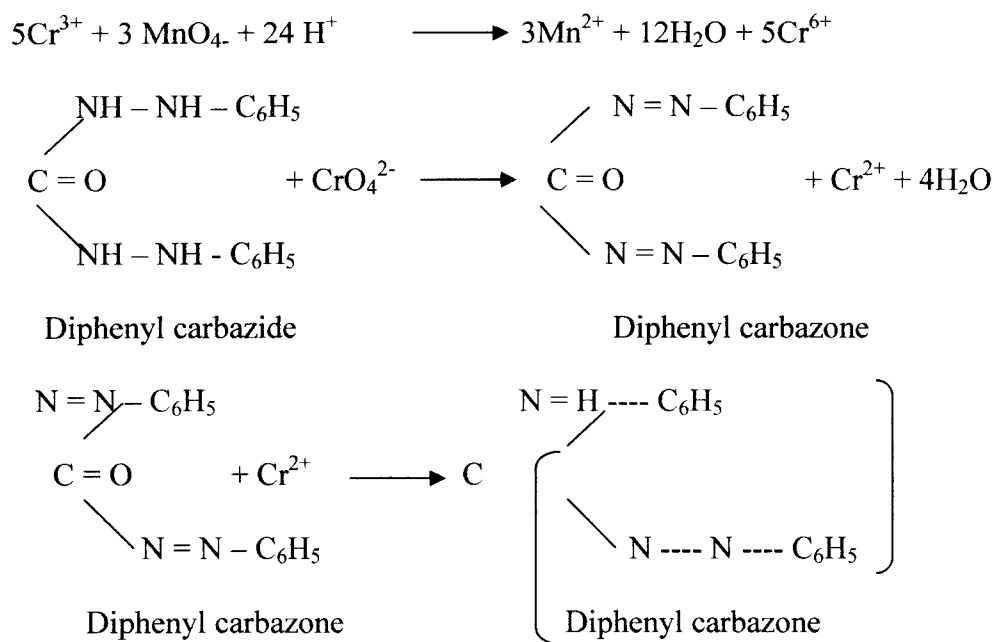
Khromium yang masuk ke dalam jaringan tubuh melalui air minum akan tertimbun di lever, limpa dan ginjal secara bersamaan, dalam waktu yang panjang akan mengendap dan menimbulkan kanker (Palar, 1994).

2.4.4. Prinsip Analisis Logam Khromium

Khromium terdapat dalam beberapa susunan, baik dalam bentuk ion valensi 3 maupun valensi 6. untuk mengenal sifat dari khromium mudah berubah dari khrom valensi 3 ke khrom valensi 6. hal ini terbukti dari kebanyakan terjadi dalam khrom valensi 6 sebagai khromat (CrO_4^{-2}) dan dikhromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$). Sifat lain dari khrom adalah mengikat molekul air, sehingga di dalam industri sering digunakan sebagai bahan campuran pendingin, hal ini bertujuan untuk mencegah korosi terhadap alat yang digunakan.

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

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



Chromium (II) complexes. (Svehla, 1982)

2.5. Penyamakan Kulit

Penyamakan kulit pada prinsipnya adalah upaya memasukkan bahan tertentu yang disebut penyamak ke dalam jaringan serat kulit, sehingga terjadi ikatan kimia antara bahan penyamak dengan serat kulit. Hal tersebut akan mengakibatkan sifat fisik kulit berubah menjadi lebih baik dibandingkan dengan kulit mentahnya. Sifat tersebut antara lain kelemasannya. Salah satu bahan penyamak paling penting adalah garam khrom (Sarpphouse, 1971; Thornstesen, 1985; Wehling et al,1989).

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

2.5.1. Bahan Penyamak Kulit

Bahan penyamak khrom merupakan bahan penyamak yang paling penting diantara bahan penyamak mineral seperti bahan penyamak aluminium dan bahan penyamak *zirconium*. Hal ini dikarenakan adanya sifat-sifat khusus yang dimiliki oleh bahan penyamak khrom yang berhubungan dengan struktur molekul atom khrom itu sendiri. Ada dua valensi atom khrom yang dikenal dalam penyamakan kulit yaitu khrom bervalensi 6⁺ (Cr⁶⁺) dan atom yang bervalensi 3⁺ (Cr³⁺). Khrom

dengan valensi 6^+ tidak mempunyai kemampuan untuk bereaksi atau penyamakan kulit sebelum direduksi menjadi khrom bervalensi 3^+ .

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

Jembatan-jembatan yang terbentuk ini disebut juga ikatan silang (*cross linked*). Ikatan silang yang terbentuk selama penyamakan yang menyebabkan kulit mentah berubah sifatnya menjadi kulit tersamak dengan sifat-sifat tertentu baik secara fisika maupun kimia. Jika dibanding dengan khrom yang bervalensi 6^+ (Cr^{6+}) dengan khrom yang bervalensi 3^+ (Cr^{3+}), maka khrom yang bervalensi 3^+ lebih bersifat stabil dan mudah terdispersi didalam air.

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

1. Bahan penyamak nabati

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

2. Bahan penyamak sintesis

Adalah bahan penyamak yang terdiri dari bahan-bahan phenol yang telah dibesarkan molekulnya dengan melebihi kondensasi dan sulfinasi. Dalam perdagangan merupakan bahan penyamak yang siap dipakai dengan

naman antara lain : *irgantou, tanigan*, dll yang mana jenis ini banyak digunakan untuk penyamakan kulit reptil yang membutuhkan warna asli dari kulit tersebut.

3. Bahan penyamak minyak

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

4. Bahan penyamak khrom

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

2.5.2. Bahan baku proses penyamakan kulit

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

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

- i. Khrom oksida (Cr_2O_3)
- j. Solvent (pelarut)
- k. Sodium asetat

2.5.3. Proses Penyamakan Kulit

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

Proses yang terpenting dalam penyamakan kulit adalah :

1. Pemeliharaan Kulit

Kulit dapat membusuk dengan cepat, oleh karena itu beberapa metode pemeliharaan telah digunakan untuk menahan aksi bakteri dan disintegrasi bagian-bagian kulit, antara lain dengan menggunakan garam natrium sulfat. Metode ini memerlukan waktu 3-4 minggu pada suhu 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

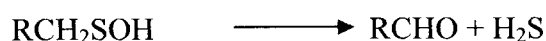
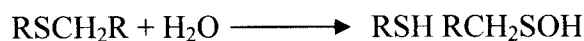
Langkah pertama proses penyamakan adalah pemeriksaan kerusakan-kerusakan kulit karena kotoran, garam, pencucian dan perendaman. Pencucian dan perendaman kulit merupakan langkah yang cukup penting.

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 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.

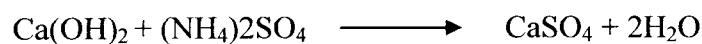
Reaksinya adalah sebagai berikut :



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

4. Penghilangan Kapur

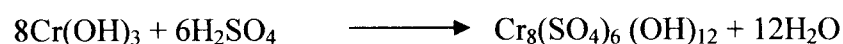
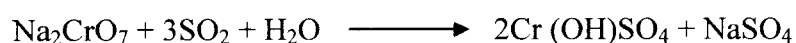
Proses penghilangan kapur dilakukan untuk memurnikan pH kulit. Larutan yang digunakan pada proses ini adalah amonium sulfat karena larutan tersebut mampu menahan penurunan pH secara drastis sehingga dapat mengurangi pengembangan kulit akibat penurunan pH. Dalam proses ini dihasilkan amoniak sebagai produk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



Proses selanjutnya adalah pengikisan protein dengan menggunakan amonium sulfat untuk menghilangkan sisa-sisa akar bulu, pigmen, lemak dan kapur. Untuk menghentikan pengikisan protein, menghilangkan flek-flek kulit, penyesuaian pH kulit dan pH penyamakan dilakukan proses pengemasan kulit dengan menggunakan asam asetat, asam oksalat atau asam sulfat.

5. Penyamakan Kulit

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



Secara umum proses penyamakan kulit ada 4 macam, yaitu :

a. Penyamakan nabati

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

b. Penyamakan khrom

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

c. Penyamakan sintesis

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

d. Penyamakan minyak

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

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

a. Pengawetan

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

b. Perendaman atau *soaking*

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

c. Pengapuran (*Liming*)

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

drum yang berisi kulit serta larutan tersebut diputar selama 1 jam untuk merontokkan bulu dan membuang lapisan kulit yang paling atas.

d. Pembuangan Daging (*Flestring*)

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

e. Pengapuran Ulang

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

f. Pembelahan (*Splitting*)

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

g. Pengasaman (*Picking*)

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

h. Penyamakan (*Tanning*)

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

i. Pengecatan (*Drying*)

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

j. Perataan Permukaan (*Setting out*)

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

k. Pengeringan (*Hanging/Drying*)

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

l. Pelemasan Awal (*Milling*)

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

m. Peregangan (*Staking*)

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

n. Pementangan (*Togghing*)

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

o. Pengerjaan Akhir (*Spraying/Finishing*)

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

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

2.5.4. Limbah Industri Penyamakan Kulit

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

2.5.5. Sumber Limbah Industri Penyamakan Kulit

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

Tabel 2.2 : Sumber dan jenis buangan industri penyamakan kulit

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

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

Selain limbah cair, industri penyamakan kulit juga menghasilkan limbah padat, diantaranya bulu, daging, serta darah. Sebagian besar limbah padat lainnya meliputi sisa-sisa bahan organik, total nabati dan kulit kayu untuk penyamakan, lumpur dari pengolahan limbah.

2.6. TSS (*Total Suspended solids*)

Materi yang tersuspensi adalah materi yang mempunyai ukuran lebih besar daripada molekul/ion yang terlarut. Dalam air alam ditemui dua kelompok zat, yaitu zat terlarut seperti garam dan molekul organis, dan zat padat tersuspensi dan koloidal seperti tanah liat, kwarts. Perbedaan pokok antara kedua kelompok zat ini ditentukan melalui ukuran/diameter partikel-partikel. Perbedaan antara kedua kelompok zat yang ada dalam air alam cukup jelas dalam praktek namun kadang-kadang batasan itu tidak dapat dipastikan secara definitif. Dalam kenyataan suatu molekul organis polimer tetap bersifat zat yang terlarut, walaupun panjangnya lebih dari 10 μm , sedangkan beberapa jenis zat padat koloid mempunyai sifat dapat bereaksi seperti sifat zat-zat yang terlarut.

Menurut Mustofa (1997), TSS (*Total Suspended Solid*) yaitu jumlah berat dalam mg/L kering lumpur yang ada didalam air limbah setelah mengalami proses penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron. Padatan – padatan ini menyebabkan kekeruhan air tidak terlarut dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari pada sedimen, seperti bahan-bahan organik tertentu, tanah liat dan lain – lain.

Analisa zat padat dalam air sangat penting bagi penentuan komponen-komponen air secara lengkap, juga untuk perencanaan serta pengawasan proses-proses pengolahan dalam bidang air minum maupun dalam bidang air buangan. Zat-zat padat yang berada dalam suspensi dapat dibedakan menurut ukurannya sebagai : partikel tersuspensi koloidal (partikel koloid) dan partikel tersuspensi biasa (partikel tersuspensi). Zat padat tersuspensi dapat mengendap apabila

keadaan air cukup tenang, ataupun mengapung apabila sangat ringan, materi ini pun dapat disaring. Koloid sebaliknya sulit mengendap dan tidak dapat disaring dengan saringan (filter) air biasa

Jenis partikel koloid tersebut adalah penyebab kekeruhan dalam air (efek *Tyndall*) yang disebabkan oleh penyimpangan sinar nyata yang menembus suspensi tersebut. Partikel-partikel koloid tidak terlihat secara visual sedangkan larutannya (tanpa partikel koloid) yang terdiri dari ion-ion dan molekul-molekul tidak pernah keruh. Larutan menjadi keruh bila terjadi pengendapan (presipitasi) yang merupakan keadaan kejenuhan dari suatu senyawa kimia. Partikel-partikel tersuspensi biasa, mempunyai ukuran lebih besar dari partikel koloid dan dapat menghalangi sinar yang akan menembus suspensi, sehingga suspensi tidak dikatakan keruh, karena sebenarnya air diantara partikel-partikel tersuspensi tidak keruh dan sinar tidak menyimpang.

Seperti halnya ion-ion dan molekul-molekul (zat yang terlarut), zat padat koloidal dan zat padat tersuspensi dapat bersifat inorganik (tanah liat, *kwarts*) dan organis (protein, sisa makanan dan ganggang, bakteri). Dalam metode analisa zat padat, pengertian zat padat total adalah semua zat-zat yang tersisa sebagai residu dalam suatu bejana, bila sampel air dalam bejana tersebut dikeringkan pada suhu tertentu. Zat padat total terdiri dari zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi yang dapat bersifat organis dan inorganis seperti pada keterangan dibawah ini :

Zat padat total , terbagi menjadi dua :

- Zat padat terlarut
- Zat padat tersuspensi, terbagi menjadi dua :
 - Zat padat tersuspensi Organik

- Zat padat tersuspensi inorganis

Apabila jumlah materi tersuspensi ini banyak dan kemudian mengendap, maka pembentukan lumpur dapat mengganggu aliran dalam saluran, pendangkalan cepat terjadi, sehingga diperlukan pengerukan lumpur yang lebih sering. Apabila zat-zat ini sampai di muara sungai dan bereaksi dengan air yang asin, maka baik koloid maupun zat terlarut dapat mengendap di muara-muara dan proses inilah yang menyebabkan terbentuknya delta-delta.

2.7. Fungsi Aerasi, Adsorpsi, dan Filtrasi pada Limbah cair Industri Penyamakan Kulit

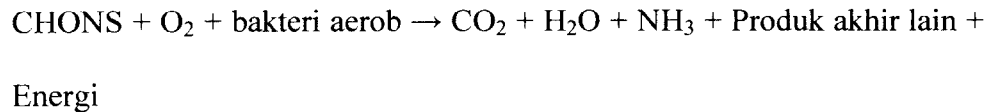
2.7.1. Pengolahan Secara Aerob

Proses pengolahan secara aerob didefinisikan sebagai pengolahan dengan kondisi ada oksigen, tempat dimana mikroorganisme akan menguraikan air limbah.

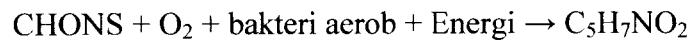
Dengan penyediaan udara yang cukup dan keadaan lingkungan yang seimbang maka air limbah yang mengandung bahan organik akan diuraikan oleh mikroorganisme aerob menjadi CO_2 , H_2O dan sel-sel baru dalam keadaan ada oksigen: penguraian ini terjadi dalam tiga tahap, yaitu:

1. Oksidasi sebagian limbah menjadi produk akhir untuk mendapatkan energi guna pemeliharaan sel serta pembentukan serat-serat sel baru.
2. Sebagian limbah diubah menjadi serat sel baru dengan mempergunakan sebagian energi yang dilepaskan selama oksidasi.
3. Sel-sel baru akhirnya memakan selnya sendiri untuk mendapatkan energi guna pemeliharaan sel.

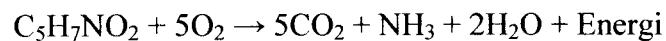
1. Oksidasi



2. Persenyawaan



3. Respirasi Endogen



Penguraian dilakukan oleh sejumlah bakteri. Proses metabolisme oleh bakteri dipengaruhi oleh faktor sumber nutrisi dan oksigen. Kedua faktor ini saling berkaitan didalam membantu pertumbuhan bakteri. Selama sumber nutrisi cukup dan oksigen tidak berkurang maka bakteri akan berkembang dengan baik dan akan menghasilkan energi yang cukup untuk menguraikan senyawa organik.

2.8 Aerasi

2.8.1. Aerasi (gas transfer)

Adalah fenomena fisik dimana terjadi pertukaran molekul-molekul gas diudara dengan cairan pada *gas-liquid interface*. Pertukaran tersebut menyebabkan konsentrasi molekul gas di dalam cairan mencapai titik jenuh. Karena pertukaran gas hanya terjadi pada permukaan (*interface*) atau bidang pemisah, maka proses tersebut harus dilakukan dengan kontak sebanyak-banyaknya antara ke dua permukaan tersebut. Selama fase cair ini tidak jenuh oleh gas dibawah kondisi seperti tekanan, temperatur (adsorpsi gas) dan mengurangi konsentrasi bilamana fase cair terlalu jenuh yaitu desorpsi, presipitasi, atau *stripping gas*. Transfer gas ini dihasilkan dengan membuat udara dan air

memasuki kontak secara dekat, yaitu dengan aerasi atau pengudaraan. (Walker, 1978).

Aerasi bertujuan untuk (Agustjik, 1991) :

1. Mengurangi *taste and odor*
2. Mengurangi sifat korosif air (CO_2)
3. Menghilangkan gas-gas terlarut yang tidak dikehendaki (H_2S , NH_3 , VOC)
4. Oksidasi senyawa-senyawa terlarut dalam air (Fe, Mn dll).
5. Penambahan jumlah oksigen
6. Penurunan jumlah karbon dioksida (CO_2)
7. Menghilangkan hidrogen sulfida (H_2S), metana (CH_4) dan berbagai senyawa organik yang bersifat volatile (menguap) yang berkaitan untuk rasa dan bau.

2.8.2 Mekanisme transfer gas

Gas-gas yang terlarut di dalam bahan cair akan mencari kondisi *equilibrium* atau seimbang. Konsentrasi gas yang terlarut di dalam bahan cair pada keadaan setimbang disebut nilai penjenahan. Nilai penjenahan gas bergantung pada temperatur bahan cair, tekanan gas sebagian, dan konsentrasi bahan-bahan padat yang terlarut dalam pada bahan cair. Nilai penjenahan secara langsung seimbang dengan dengan tekanan sebagian dan secara terbalik seimbang dengan temperatur dan konsentrasi bahan-bahan padat terlarut.

Perbedaan antara nilai penjenahan dan konsentrasi aktual memberikan kekuatan dorong untuk pertukaran gas-gas dari sifat gas menjadi sifat terlarut dan

demikian pula sebaliknya. Tingkat pertukaran secara langsung seimbang dengan perbedaan antara konsentrasi aktual dan nilai penjumlahan.

Pengambilan zat pencemar yang terkandung di dalam air merupakan tujuan pengolahan air. Penambahan oksigen adalah salah satu usaha dari pengambilan zat pencemar tersebut, sehingga konsentrasi zat pencemar akan berkurang atau bahkan dapat dihilangkan sama sekali. Zat yang diambil dapat berupa gas, cairan, ion, koloid atau bahan tercampur.

2.8.3 Jenis-Jenis Aerasi

1. *Gravity aerator*

Gravity aerator menggunakan bendungan (*weirs*), air terjun (*water falls*), air terjun kecil (*cascades*), bidang miring dengan piringan penderas, menara vertikal dengan udara yang naik, menara piringan yang dilubangi (*perforated filled towers*), atau *packed towers filled* dengan media kontak seperti *coke* atau batu (*stone*), diantaranya :

a. *Multiple Tray aerator*

Aerator ini perlengkapannya sangat sederhana dan persiapannya tidak mahal serta menempati ruang yang sangat sempit. Tipe ini terdiri dari 4-8 tray dengan lubang dibagian bawah pada interval 30-50 cm. Lubang air dibuat sama dengan tray yang di atasnya, dan aliran ke bawahnya rata-rata sekitar $0.02 \text{ m}^3/\text{detik}$. Air diterjunkan dan dikumpulkan lagi pada tiap-tiap tray. Tray dapat dibuat dari beberapa bahan yang sesuai seperti papan asbes yang berlubang-lubang, pipa-pipa plastik dengan diameter kecil atau bilah-bilah kayu yang disusun paralel. (Agustjik, 1991)

b. *Cascade aerator*

Aerator ini terdiri dari 4 – 6 anak tangga, ketinggian masing-masing sekitar 10 cm dengan kapasitas sekitar $0.01 \text{ m}^3/\text{detik}$. Untuk turbulensi dan meningkatkan efisiensi aerasi, rintangan-rintangan seringkali ditempatkan pada ujung tiap anak tangga. Dibandingkan dengan *tray aerator* memerlukan ruang yang lebih luas tetapi mempunyai *headloss* lebih rendah. (Holden, 1970).

c. *Multiple platform aerator*

Aerator ini menggunakan prinsip yang sama dengan *cascade aerator*. Piringan berlapis (*platform*) untuk terjunan air dibuat terbuka sehingga air dapat kontak dengan udara.

2. *Spray aerator*

Merupakan aerasi yang dapat menghasilkan semprotan air, sehingga yang jatuh keluar akan berupa butiran-butiran. Hal ini sangat menguntungkan karena air yang dihasilkan semakin kecil, karena dengan butiran yang kecil permukaan air yang kontak langsung dengan udara semakin luas.

3. *Diffused-air aerator*

Tipe ini terdiri dari sebuah basin dengan pipa-pipa perlokasi, tabung-tabung porous yang digunakan untuk memompakan udara yang akan dilewatkan ke air, sehingga air tersebut teraerasikan. Tingkat terjadinya gelembung-gelembung itu banyak dipengaruhi oleh *spray aerator*, tetapi meskipun demikian udara harus ditekan diatas tekanan kedalaman air dimana diffusi itu ditetapkan.

4. *Mechanical aerator*

Aerator tipe ini terdiri dari sebuah propeler seperti daun pengaduk terpasang pada ujung sumbu vertikal yang dikendalikan oleh sebuah motor. Akibat putaran daun pengaduk yang cepat di dalam air, maka terjadi pencampuran antara udara dan air. Tipe-tipe aerator mekanik pada umumnya yaitu aerator permukaan (tipe air ke dalam udara), aerator rendam (tipe udara ke dalam air), dan aerator kombinasi.

2.9 Adsorpsi

2.9.1 Pengertian Adsorpsi

Adsorpsi adalah suatu akibat dari medan gaya pada permukaan padatan (adsorben) yang menarik molekul-molekul gas atau cair (adsorbat). Menurut Bear (1985), adsorpsi adalah suatu perubahan konsentrasi komponen antara batas lapisan dan bagian dalam fasa yang berdekatan. Terjadinya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang mengakibatkan terjadinya proses adsorpsi. Peristiwa ini cenderung menarik molekul-molekul yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas maupun fasa larutan kedalam permukaan padatan. (Guntoro, dkk, 2004)

Adsorpsi secara umum adalah proses pengumpulan substansi terlarut yang ada dalam larutan oleh permukaan zat atau benda penyerap dimana terjadi suatu ikatan kimia fisik antara substansi dengan zat penyerap. Karena keduanya sering muncul bersamaan dalam suatu proses maka ada yang menyebut sorpsi, baik adsorpsi sebagai sorpsi yang terjadi pada karbon aktif maupun padatan lainnya. Namun unit operasinya dikenal sebagai adsorpsi.

Adapun adsorpsi dapat dikelompokkan menjadi dua:

- a. Adsorpsi fisik, yaitu terutama terjadi adanya gaya van der Waals dan berlangsung bolak-balik. Ketika gaya tarik-menarik molekul antara zat terlarut dengan adsorben lebih besar dari gaya tarik-menarik zat terlarut dengan pelarut, maka zat terlarut akan teradsorpsi di atas permukaan adsorben.
- b. Adsorpsi kimia yaitu reaksi kimia yang terjadi antara zat padat dengan adsorbat larut dan reaksi ini tidak berlangsung bolak-balik.

2.9.2 Mekanisme Adsorpsi

Proses adsorpsi dapat digambarkan sebagai proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat kimia dan fisika (Reynolds, 1982).

Pada proses adsorpsi terhadap air limbah mempunyai empat tahapan antara lain (Benefield, 1982) :

1. Transfer molekul-molekul adsorbat menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben.
2. Difusi adsorbat melalui lapisan film (*film diffusion process*).
3. Difusi adsorbat melalui kapiler atau pori-pori dalam adsorben (*pore diffusion*).
4. Adsorpsi adsorbat pada dinding kapiler atau permukaan adsorben (proses adsorpsi sebenarnya), (Reynolds, 1982).

Bahan penyerap merupakan suatu padatan yang mempunyai sifat mengikat molekul pada permukaannya dan sifat ini menonjol pada padatan yang berpori-

pori. Semakin halus atau kecil ukuran partikel adsorben, semakin luas permukaannya dan daya serap semakin besar.

Beberapa sifat yang harus dipenuhi oleh zat penyerap yaitu:

1. Mempunyai luas permukaan yang besar.
2. Berpori-pori
3. Aktif dan murni
4. Tidak bereaksi dengan zat yang akan diserap.

Pemilihan adsorben pada proses adsorpsi sangat mempengaruhi sorpsi. Beberapa adsorben yang sering digunakan pada proses adsorpsi misalnya: bentonit, tuff, pumice, zeolit, dan silika gel. Pemilihan adsorben juga mempengaruhi kapasitas adsorpsi.

Adapun faktor yang mempengaruhi kapasitas adsorpsi yaitu:

1. Luas permukaan adsorben.

Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang dapat diserap, sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif. Semakin kecil ukuran diameter partikel maka semakin luas permukaan adsorben.

2. Ukuran partikel

Makin kecil ukuran partikel yang digunakan maka semakin besar kecepatan adsorpsinya. Ukuran diameter dalam bentuk butir adalah lebih dari 0.1 mm, sedangkan ukuran diameter dalam bentuk serbuk adalah 200 mesh (Tchobanoglous, 1991).

3. Waktu kontak

Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan

penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Konsentrasi zat-zat organik akan turun apabila waktu kontakannya cukup dan waktu kontak berkisar 10 – 15 menit (Reynolds, 1982).

4. Distribusi ukuran pori

Distribusi pori akan mempengaruhi distribusi ukuran molekul adsorbat yang masuk kedalam partikel adsorben.

2.9.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Faktor-faktor yang mempengaruhi mekanisme adsorpsi adalah agitasi, karakteristik karbon aktif, ukuran molekul adsorbat, pH larutan, temperatur dan waktu kontak (Benefield, 1982)

1. Agitasi

Tingkat adsorpsi sangat dipengaruhi oleh difusi film atau difusi pori yang bergantung pada jumlah agitasi dalam sistem. Jika agitasi yang terjadi antara partikel karbon dengan cairan relatif kecil, permukaan film dari *liquid* sekitar partikel akan menjadi tebal dan difusi film akan terbatas.

2. Karakteristik Karbon Aktif

Ukuran partikel dan luas permukaan merupakan karakteristik terpenting dari karbon aktif sebagai adsorban. Ukuran partikel karbon mempengaruhi tingkat adsorpsi yang terjadi ; tingkat adsorpsi meningkat seiring mengecilnya partikel. Tingkat adsorpsi untuk karbon aktif *powder* lebih cepat dari pada *granular*.

3. Ukuran Molekul Adsorbat

Ukuran molekul merupakan bagian yang penting dalam proses adsorpsi karena molekul harus memasuki *mikropore* dari partikel karbon untuk diadsorpsi. Tingkat adsorpsi biasanya meningkat seiring dengan semakin besarnya ukuran molekul dari adsorbat. Kebanyakan limbah terdiri dari bahan-bahan campuran sehingga ukuran molekulnya berbeda-beda. Pada situasi ini akan memperburuk penyaringan molekul karena molekul yang lebih besar akan menutup pori sehingga mencegah jalan masuknya molekul yang lebih kecil.

4. pH

pH mempunyai pengaruh yang sangat besar pada proses adsorpsi, karena pH menentukan tingkat ionisasi larutan. Asam organik dapat diadsorpsi dengan mudah pada pH rendah, sebaliknya basa organik dapat diadsorpsi pada pH tinggi. pH optimum untuk proses adsorpsi harus didapat dari tes laboratorium.

5. Suhu

Tingkat adsorpsi akan meningkat dengan meningkatnya suhu dan akan menurun dengan menurunnya suhu. Karena adsorpsi merupakan proses eksoterm, maka dari itu tingkat adsorpsi umumnya meningkat sejalan dengan menurunnya suhu dan menurun pada suhu yang tinggi.

6. Waktu Kontak

Waktu kontak merupakan hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Gaya adsorpsi molekul dari suatu zat terlarut akan meningkat apabila waktu kontak dengan karbon aktif makin lama. Waktu kontak yang lama

memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang teradsorpsi berlangsung lebih baik.

Menurut Reynolds (1982), kriteria adsorpsi karbon aktif adalah sebagai berikut:

Tipe reaktor - *Carbon contactor* : *Gravity flow* atau *presurried flow*

- Sistem kontak : *Fixed bed columns*

- Sistem operasi : *Up flow* dan *down flow*

Ukuran karbon aktif

- 8 x 30 mesh : *Down flow fixed bed columns*

- 12 x 40 mesh : *Up flow fixed bed columns*

Ukuran bak karbon

- Kedalaman bak : 10 – 40 ft

- Perbandingan kedalaman bak karbon - diameter : 1.5 : 4 – 4 : 1

- Diameter : 12 ft

Kecepatan *Back washing*

- 10 – 20 grm/ft² : *Down flow bed* (8 x 30 mesh)

- 10 – 12 grm/ft² : *Up flow bed* (12 x 40 mesh)

Waktu *Back washing*

- 10 – 15 menit : *Down flow* dan *Up flow*

Kecepatan filtrasi

- 2 – 4 grm/ft² : *Down flow* (8 x 30 mesh)

- 6 – 10 grm/ft² : *Up flow* (12 x 40 mesh)

COD terombak (berat) / Karbon aktif (berat) : 0.2 – 0.8

2.10 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah karbon yang diproses sedemikian rupa sehingga pori-porinya terbuka, dan dengan demikian akan mempunyai daya serap yang tinggi. Karbon aktif merupakan karbon yang akan membentuk amorf, yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas serta memiliki permukaan dalam (internal surface), sehingga mempunyai daya serap yang lebih baik. Keaktifan menyerap dari karbon aktif ini tergantung dari jumlah senyawa karbonnya yang berkisar antara 85% sampai 95% karbon bebas.

Karbon aktif berwarna hitam, tidak berbau, tidak berasa, dan mempunyai daya serap yang jauh lebih besar dibandingkan dengan karbon yang belum menjalani proses aktivasi, serta mempunyai permukaan yang luas, yaitu antara 300 sampai 2000 m per gram. Luas permukaan yang luas disebabkan karbon mempunyai permukaan dalam (internal surface) yang berongga, sehingga mempunyai kemampuan menyerap gas dan uap atau zat yang berada didalam suatu larutan. Sifat dari karbon aktif yang dihasilkan tergantung dari bahan yang digunakan, misalnya, tempurung kelapa menghasilkan arang yang lunak dan cocok untuk menjernihkan air.

Menurut Standard Industri Indonesia (SII No. 0258-79) persyaratan arang aktif adalah sebagai berikut :

Tabel 2.3 Syarat mutu arang aktif

Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1. Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C	%	Maksimum 15

2. Air	%	Maksimum 10
3. Abu	%	Maksimum 2,5
4. Bagian yang tidak mengarang	%	Tidak ternyata
5. Daya serap terhadap larutan I ₂	%	Maksimum 20

Sumber : www.marintek.net

Karbon aktif untuk semua tujuan, dan dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu bubuk dan granular. Karbon bentuk bubuk digunakan untuk adsorpsi dalam larutan. Misalnya untuk menghilangkan warna (decolourisasi), sedangkan karbon bentuk granular digunakan untuk absorpsi gas dan uap, dikenal pula sebagai karbon pengadsorpsi gas. Karbon bentuk granular kadang-kadang juga digunakan didalam media larutan khususnya untuk deklorinasi air dan untuk penghilang klor dalam larutan serta pemisahan komponen komponen dalam suatu sistem yang mengalir (Smisek, 1970).

2.10.1 Struktur Karbon

Arang, kokas dan karbon aktif disebut amorf. Penyelidikan dengan sinar X menunjukkan bahwa karbon amorf mempunyai sifat kristal yang tidak tertentu, yang tidak menunjukkan sudut dan permukaan kristal seperti bentuk rombis, monoklin, dan lain-lain. Dari penyelidikan yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa karbon amorf terdiri dari pelat-pelat datar dimana atom C (karbon) tersusun dalam sisi heksagon dan setiap atom karbon yang lainnya. Pelat-pelat ini bertumpuk satu sama lainnya membentuk kristal-kristal dengan

sisia hidrokarbon yang tertinggal pada permukaannya. Dengan menghilangkan hidrokarbon pada permukaannya, permukaan akan menjadi lebih luas, sehingga daya serap akan menjadi lebih besar. Pada grafit, pelat-pelat ini lebih dekat satu sama lainnya dan terikat dengan cara tertentu, yang tidak dijumpai pada karbon kristal.

Struktur dasar karbon aktif dan karbon hitam diperkirakan menyerupai struktur grafit murni. Kristal grafit tersusun dari lapisan-lapisan heksagonal yang tersusun dari atom-atom karbon, yang terikat dengan gaya van der Waals yang lemah dan jarak antara lapisan-lapisan bidang tersebut adalah 3,35 Angstrom. Jarak ikatan antara atom-atom karbon dalam masing-masing lapisan adalah 1,415 Angstrom. Tiga dari keempat elektron karbon membentuk ikatan kovalen dengan atom yang berdekatan, sedangkan elektron yang keempat beresonansi dengan beberapa struktur ikatan valensi. Struktur karbon aktif sedikit berbeda dari grafit.

Selama proses karbonisasi terbentuk dari beberapa inti aromatis yang mempunyai struktur yang sama dengan grafit. Dari data spektrograf sinar x, struktur diinterpretasikan sebagai struktur mikrokristal yang tersusun dari gabungan cincin-cincin heksagonal dari atom-atom karbon. Adanya pengotor pada saat pembuatan ini mempengaruhi pembentukan senyawa-senyawa didalam mikrokristal. Garten dan Weiss (1983) menyatakan bahwa struktur cincin pada ujung-ujung bidang sering kali merupakan gugus heterosiklis yang berasal baik dari bahan baku maupun dari proses pembuatannya. Gugus-gugus heterosiklis akan cenderung mempengaruhi jarak dari bidang sekitarnya dan sifat adsorpsi karbon.

Susunan teratur dari ikatan-ikatan karbon pada permukaan kristal dirusak selama proses aktivasi, menghasilkan valensi bebas yang sangat reaktif.

Perkembangan struktur yang dihasilkan adalah fungsi dari temperatur karbonisasi dan struktur aktivasi.

Struktur pori suatu adsorben dapat dibagi menjadi tiga kelas utama yaitu, makropori, transisional pori dan mikropori. Dua tingkat oksidasi terjadi selama proses aktivasi dengan gas pengoksidasi pada temperatur tinggi. Pertama, makropori terbentuk karena terbakarnya gugus ujung mikrokristal. Kedua, mikropori terbentuk terutama karena terbakarnya bidang mikrokristal.

Pori yang mempunyai radius efektif lebih besar dari 50-100 nm dikelompokkan oleh Dubinin sebagai mikropori. Pada karbon aktif, radius efektif mikroporinya berkisar 500-2000 nm, volumenya antara 1,2 – 0,8 ml/gram. Harga luas permukaan yang kecil atau dapat diabaikan, menunjukkan bahwa mikropori karbon aktif tidak cukup berperan dalam adsorpsi kecuali untuk senyawa-senyawa organik yang mempunyai ukuran molekul yang besar.

Transisional pori menurut Duninin mempunyai ukuran antara 100-200 nm dan 1,6 nm. Adsorpsi monomolekuler terjadi pada permukaan dalam pori ini. Biasanya karbon aktif mempunyai volume transisional pori relatif kecil dan berkisar antara 20-70 m/gram. Untuk karbon aktif dengan porositas transisional pori dapat dapat mencapai 7 ml/gram dan luas permukaan spesifiknya dapat mencapai 450 m/gram. Radius efektifnya biasanya 4-20 nm.

Radius efektif mikropori lebih kecil dari pada 1,82 nm, berkaitan dengan ukuran molekul. Untuk karbon aktif, volume mikroporinya kira-kira 0,15-0,5 ml/gram dan luas spesifiknya minimal 95% dari luas permukaan seluruhnya.

Sifat adsorpsi karbon aktif tidak hanya ditentukan oleh struktur porinya, tetapi ditentukan juga oleh komposisi kimianya. Misalnya ketidakaturan

struktur mikrokristal elementer, karena adanya lapisan karbon yang terbakar tidak sempurna (terbakar sebagian), akan mengubah susunan awan elektron dalam rangka karbon. Akibatnya akan terjadi elektron tak berpasangan, keadaan ini akan mempengaruhi sifat adsorpsi karbon aktif, terutama senyawa polar atau yang dapat terpolarisasi. Jenis ketidakaturan yang lain adalah adanya hetero atom didalam struktur karbon.

Karbon aktif mengandung elemen-elemen yang terikat secara kimia, seperti oksigen dan hidrogen. Elemen-elemen ini dapat berasal dari bahan baku yang tertinggal akibat tidak sempurnanya proses karbonisasi, atau pula dapat terikat secara kimia pada proses aktivasi. Demikian pula adanya kandungan abu yang bukan bagian organik dari produk. Untuk tiap-tiap jenis karbon aktif kandungan abu dan komposisinya ada bermacam-macam. Adsorpsi elektrolit dan non elektrolit dari larutan dan karbon aktif, juga dipengaruhi oleh adanya sejumlah kecil abu. Adanya oksigen dan hidrogen mempunyai pengaruh besar pada sifat-sifat karbon aktif. Elemen-elemen ini berkombinasi dengan atom-atom karbon membentuk gugus-gugus fungsional tertentu. Gugus yang biasanya terdapat pada permukaan atom adalah : (1) gugus karboksilat, (2) gugus hidroksi fenol, (3) gugus kuinon tipe karbonil (4) normal lakton, (5) lakton tipe fluoresein, (6) asam karboksilat anhidrit dan peroksida siklis.

2.10.1.1. Daya Serap Karbon Aktif

Proses adsorpsi terjadi pada bagian permukaan antara padatan-padatan, padatan-cairan, cairan-cairan, atau cairan gas. Adsorpsi dengan bahan padat seperti karbon, tergantung pada luasan permukaannya.

Sifat daya serap karbon aktif terbagi atas dua jenis, yaitu daya serap fisika dan daya serap kimia. Keduanya dapat terjadi atau tidaknya perubahan kimia yang terjadi antara zat yang mengadsorpsi (adsorben). Beberapa teori yang menerangkan tentang gejala daya serap yang sebenarnya, belum cukup untuk mengemukakan tentang terjadinya daya serap pada karbon aktif.

Karbon aktif dapat menyerap senyawa organik maupun anorganik, tetapi mekanisme penyerapan senyawa tersebut belum semua diketahui dengan jelas. Mekanisme penyerapan yang telah diketahui antara lain penyerapan golongan fenol dan aldehid aromatis maupun derivatnya. Senyawa fenol-aldehid maupun derivatnya terserap oleh karbon karena adanya peristiwa donor-akseptor elektron. Gugus karbonil pada permukaan karbon bertindak sebagai donor elektron. Karena ada peristiwa tersebut, maka inti benzena akan berikatan dengan gugus karbonil pada permukaan berikut :

- a. Dengan adanya pori-pori mikro antar partikuler yang sangat banyak jumlahnya pada karbon aktif, akan menimbulkan gejala kapiler yang menyebabkan adanya daya serap. Selain itu distribusi ukuran pori merupakan faktor penting dalam menentukan kemampuan adsorpsi karbon aktif. Misalnya, ukuran 20 angstrom dapat digunakan untuk menghilangkan campuran rasa dan bau, hanya lebih efektif untuk pembersihan gas, sedangkan untuk ukuran 20-100 angstrom efektif untuk menyerap warna.
- b. Pada kondisi yang bervariasi ternyata hanya sebagian permukaan yang mempunyai daya serap. Hal ini dapat terjadi karena permukaan karbon

dianggap heterogen, sehingga hanya beberapa jenis zat yang dapat diserap oleh bagian permukaan yang lebih aktif, yang disebut pusat aktif.

Sedangkan faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi adalah sebagai berikut :

- a. Karakteristik fisika dan kimia adsorben, antara lain : luas permukaan ukuran pori, komposisi kimia
- b. Karakteristik fisis dan kimia adsorbat, antara lain : ukuran molekul, polaritas molekul komposisi kimia.
- c. Konsentrasi adsorbat dalam fase cair.
- d. Sistem waktu adsorpsi.

2.10.1.2. Proses Pembuatan Karbon Aktif

Pembuatan karbon aktif telah banyak diteliti, dan dalam pustaka telah didapat data yang cukup banyak. Diantaranya dituliskan bahwa karbonisasi untuk memperoleh karbon yang baik untuk diaktivasi harus dilakukan pada temperatur dibawah 600°C . Disamping itu ditemukan pula bahwa aktivasi arang dengan uap air sangat baik pada temperatur $900-1000^{\circ}\text{C}$, dan penambahan garam KCNS akan mempertinggi daya adsorpsi karbon aktif yang diperoleh.

Secara umum dalam pembuatan karbon aktif terdapat dua tingkatan proses yaitu :

1. Proses pengarangan (karbonisasi)

Proses ini merupakan proses pembentukan arang dari bahan baku. Secara umum, karbonisasi sempurna adalah pemanasan bahan baku tanpa adanya udara, sampai temperatur yang cukup tinggi untuk mengeringkan dan menguapkan senyawa dalam karbon. Hasil yang diperoleh biasanya kurang aktif dan hanya mempunyai luas permukaan beberapa meter persegi pergram. Selama proses karbonisasi dengan adanya dekomposisi

pirolitik bahan baku, sebagian elemen-elemen bukan karbon, yaitu hidrogen dan oksigen dikeluarkan dalam bentuk gas dan atom-atom yang terbebaskan dari karbon elementer membentuk kristal yang tidak teratur, yang disebut sebagai kristal grafit elementer. Struktur kristalnya tidak teratur dan celah-celah kristal ditempati oleh zat dekomposisi tar. Senyawa ini menutupi pori-pori karbon, sehingga hasil proses karbonisasi hanya mempunyai kemampuan adsorpsi yang kecil. Oleh karena itu karbon aktif dapat juga dibuat dengan cara lain, yaitu dengan mengkarbonisasi bahan baku yang telah dicampur dengan garam dehidrasi atau zat yang dapat mencegah terbentuknya tar, misalnya $ZnCl$, $MgCl$, dan $CaCl$. Perbandingan garam dengan bahan baku adalah penting untuk menaikkan sifat-sifat tertentu dari karbon.

2. Proses aktivasi

Secara umum, aktivasi adalah mengubah karbon dengan daya serap rendah menjadi karbon yang mempunyai daya serap tinggi. Untuk menaikkan luas permukaan dan memperoleh karbon yang berpori, karbon diaktivasi, misalnya dengan menggunakan uap panas, gas karbondioksida dengan temperatur antara $700-1100^{\circ}C$, atau penambahan bahan-bahan mineral sebagai aktivator (Smisek, 1970). Selain itu aktivasi juga berfungsi untuk mengusir tar yang melekat pada permukaan dan pori-pori karbon. Aktivasi menaikkan luas permukaan dalam (internal area), menghasilkan volume yang besar, berasal dari kapiler-kepiler yang sangat kecil, dan mengubah permukaan dalam dari struktur pori.

Jadi karbon aktif dapat dibuat dengan dua metode aktivasi (Smisek, 1970), yaitu:

1. Aktivasi fisika, pada aktivasi ini digunakan gas pengaktif, misalnya uap air atau CO, yang dialirkan pada karbon hasil yang dibuat dengan metode karbonasi biasa. Pada saat ini senyawa-senyawa hasil ikutan akan hilang dan akhirnya akan memperluas hasil permukaan. Aktivasi ini dilakukan sampai derajat aktivasi cukup, yaitu sampai kehilangan berat berkisar antara 30-70%.
2. Aktivasi kimia, pada aktivasi ini bahan dikarbonisasi dengan tambahan zat pengaktif (aktivator) yang mempengaruhi jalannya pirolisis. Kemudian dicuci dengan air dan kemudian dikeringkan. Biasanya proses aktivasi fisika merupakan awal dari proses aktivasi kimia.

Pembuatan karbon aktif akan melalui beberapa tahapan sebagai berikut: penghilangan air (dehidrasi), pemecahan bahan-bahan organik menjadi karbon, dan komposisi tar yang juga memperluas pori-pori.

Pada proses produktif karbon aktif, metode tersebut dapat dikembangkan untuk maksud tertentu.

3. Penggunaan Karbon Aktif

Karbon aktif dapat digunakan sebagai bahan pemucat, penyerap gas, penyerap logam, menghilangkan polutan mikro misalnya zat organik, detergen, bau, senyawa phenol dan lain sebagainya. Pada saringan arang aktif ini terjadi proses adsorpsi, yaitu proses penyerapan zat-zat yang akan dihilangkan oleh permukaan arang aktif. Apabila seluruh permukaan arang

aktif sudah jenuh, atau sudah tidak mampu lagi menyerap maka kualitas air yang disaring sudah tidak baik lagi, sehingga arang aktif harus diganti dengan arang aktif yang baru.

Tabel 2.4 Penggunaan karbon aktif

Untuk Zat Cair	
1. Industri obat dan makanan	Menyaring dan menghilangkan warna, bau, rasa yang tidak enak pada makanan
2. Minuman ringan, minuman keras	Menghilangkan warna, bau pada arak/ minuman keras dan minuman ringan
3. Kimia perminyakan	Penyulingan bahan mentah, zat perantara
4. Pembersih air	Menyaring/menghilangkan bau, warna, zat pencemar dalam air, sebagai pelindung dan penukaran resin dalam alat/penyulingan air
5. Pembersih air buangan	Mengatur dan membersihkan air buangan dan pencemar, warna, bau, logam berat.
6. Penambakan udang dan benur	Pemurnian, menghilangkan bau, dan warna
7. Pelarut yang digunakan kembali	Penarikan kembali berbagai pelarut, sisa metanol, etil acetat dan lain-lain

Sumber: www.warimek.net

2.11. Zeolit

2.11.1. Pengertian dasar Zeolit

Mineral zeolit merupakan mineral alam, di Indonesia pada saat ini sudah banyak dipelajari dan dikembangkan pemanfaatannya. Nama zeolit berasal dari kata Zein yang berarti mendidih dan Lithos yang berarti batuan. Dengan demikian zeolit dapat diartikan sebagai batuan yang bersifat mendidih dan mengembang bila dipanaskan. Komposisi zeolit terdiri dari SiO_2 , AlO_3 , FeO_3 ,

CaO, H₂O, MgO, MnO, Na₂O, K₂O, dan TiO₂. Mineral zeolit terbentuk dari reaksi antara debu vulkanis dan air garam. Disamping itu ada juga beberapa jenis zeolit yang dihasilkan dari metamorfose batuan yang terdapat di laut (Barrer, 1978).

2.11.2. Struktur Zeolit

Mineral zeolit terdiri dari kumpulan (SiO₄) dan (AlO₄) tetrahedral dengan perbandingan Si : Al berkisar antara 1 : 1 dan 100 : 1. Dengan demikian maka kita kenal jenis-jenis mineral zeolit yang berlainan. Struktur paling stabil adalah mineral zeolit yang perbandingan Si : Al adalah 1 : 1. Untuk menetralkan muatan listrik negatif mineral zeolit dibutuhkan ion-ion alkali atau alkali tanah yang biasa diwakili oleh ion-ion Na, K, Ca, Ba dan Mg.

Struktur zeolit adalah terbuka dan mengandung rongga-rongga yang diisi oleh ion-ion dan molekul air. Rongga-rongga dapat saling berhubungan dan membentuk sistem saluran ke segala arah.

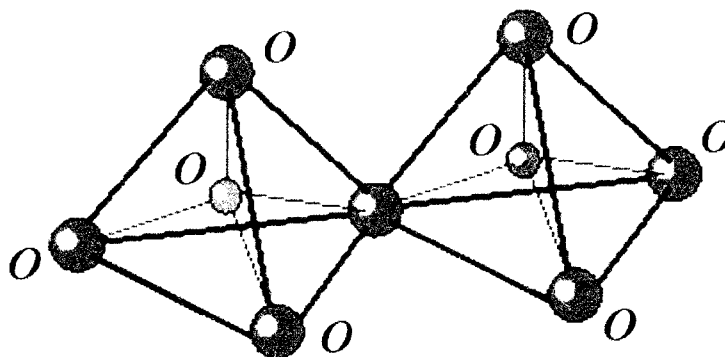
Pada tahun 1984 Professor Joseph V. Smith ahli kristalografi Amerika Serikat mendefinisikan zeolit sebagai :

"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 reversibel.

Zeolit biasanya ditulis dengan rumus kimia oksida atau berdasarkan satuan sel kristal $M_{2/n}O \cdot Al_2O_3 \cdot a SiO_2 \cdot b H_2O$ atau $M_{c/n} \{(AlO_2)_c(SiO_2)_d\} \cdot b H_2O$. Dimana n adalah valensi logam, a dan b adalah molekul silikat dan air, c dan d adalah jumlah tetrahedra alumina dan silika. Rasio d/c atau SiO_2/Al_2O_3 bervariasi dari 1 s/d 5. Zeolit tidak dapat diidentifikasi hanya berdasarkan analisa komposisi kimianya saja, melainkan harus dianalisa strukturnya. Struktur kristal zeolit dimana semua atom Si dan Al dalam bentuk tetrahedral (TO_4) disebut Unit Bangun Primer, zeolit hanya dapat diidentifikasi berdasarkan Unit Bangun Sekunder (UBS) sebagaimana terlihat pada Gambar berikut.



Gambar 2.1. Tetrahedra alumina dan silika (TO_4) pada struktur zeolit.

Pada Gambar 2.1 dapat dilihat bahwa struktur zeolit berbentuk tetrahedron berantai tiga dimensi. Pada kristal zeolit, kedudukan atom pusat tetrahedron ditempati oleh atom Si dan Al, sedangkan atom oksigen berada pada sudut-sudutnya. Oleh sebab itu keadaan atom Al pada tetrahedral memerlukan tambahan muatan positif seperti kation logam alkali dan alkali tanah yang diperlukan untuk menetralkan muatan listriknya. Keadaan ini yang menyebabkan zeolit bersifat

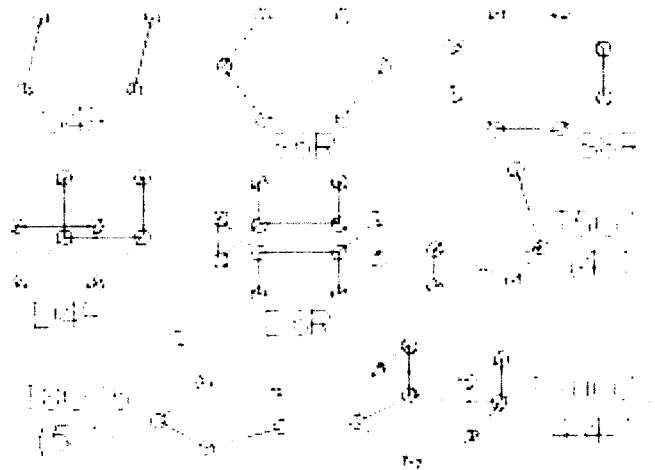
sebagai penukar kation, sedangkan pori-pori yang terdapat di dalam struktur zeolit berisi molekul air.

Pada saat ini dikenal sekitar 40 jenis zeolit alam, meskipun yang mempunyai nilai komersial ada sekitar 12 jenis, diantaranya klinoptilolit, mordenit, filipsit, kabsit dan erionit. Zeolit sintetis dihasilkan dari beberapa perusahaan seperti Union Carbide, ICI dan Mobil Oil dan lebih dari 100 jenis telah dikenal strukturnya antara lain zeolit A, X, Y, grup ZSM/AlPO₄ (*Zeolite Sieving Materials/Aluminium Phosphate*) dan bahkan akhir-akhir ini dikenal grup Zeotip, yaitu material seperti zeolit tetapi bukan senyawa alumino-silikat.

Berdasarkan Unit Bangunan Sekunder (UBS) semua zeolit baik dalam bentuk alami atau sintetis 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)

Berikut ini digambarkan beberapa unit bangunan sekunder struktur zeolit :



Gambar 2.2. Unit Bangun Sekunder Struktur Zeolit

Dari semua jenis zeolit di alam, maka dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Tabel 2.5. Klasifikasi zeolit

Zeolit	Rumus kimia	UBS
Grup		
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	$\text{Na}_{16}[\text{Al}_{16}\text{Si}_{24}\text{O}_{80}]6 \text{H}_2\text{O}$	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	$\text{Ca}_4[\text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72}] 24\text{H}_2\text{O}$	$\text{T}_{10}\text{O}_{20}$ (4-4-
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	$\text{K}_2\text{Ca}_{1.5}[\text{Al}_6\text{Si}_{10}\text{O}_{32}]12\text{H}_2\text{O}$	S4R
Zeolit Na-	$\text{Na}_8[\text{Al}_3\text{SiO}_{16}] 16\text{H}_2\text{O}$	S4R
Grup		
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	$\text{Ca}_2[\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{24}] 13\text{H}_2\text{O}$	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	$\text{Na}_{12}\text{Ca}_{12}\text{Mg}_{11}[\text{Al}_{58}\text{Si}_{134}\text{O}_{384}]235\text{H}_2\text{O}$	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	$\text{Ca}_4[\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{46}] 16\text{H}_2\text{O}$	S4R,S6R,S8R

Grup		
ZSM-5	$\text{Na}_n[\text{Al}_n\text{Si}_{96}\text{O}_{192}] 16 \text{H}_2\text{O}$	1-May
Grup		
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 tetrahedral 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, dan secara umum zeolit ditemukan dalam jenis klinoptilotit ($\text{Na}_6[\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}]24 \text{H}_2\text{O}$). 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.
- 3) Substitusi isomorf Al pada tetrahedra Si menyebabkan ikatan Al-Si cukup kuat dan dapat mengurangi swelling. (DR. Thamzil Las dalam www.batan.go.id/p2plr/artikel/zeolit.html).

2.11.3. Sifat Fisik Zeolit

Bahan galian ini menunjukkan warna segar hijau muda, warna lapuk coklat kehijauan, struktur berlapis/laminasi, tekstur klasik, sortasi buruk, kemas terbuka, agak keras dan agak kompak. Sedangkan dari analisa fisik didapatkan:

- Berat Jenis : 1.12 gr/cm^3
- Kuat Tekan : 105.2 kg/cm^3
- Keausan : 6.0749 mm/menit

- KTK (Kapasitas Penukar Ion) : 72.13-97.35 me/100gr

Secara kimia kandungan zeolit yang utama adalah :

$\text{SiO}_2 = 62,75\%$; $\text{Al}_{203} = 12,71\%$; $\text{K}_{20} = 1,28\%$; $\text{CaO} = 3,39\%$; $\text{Na}_2\text{O} = 1,29\%$;

$\text{MnO} = 5,58\%$; $\text{Fe}_{203} = 2,01\%$; $\text{MgO} = 0,85\%$ Clinoptilotit = 30%; Modernit = 49%. (Anonim,2004)

Menurut proses pembentukannya zeolit dapat digolongkan menjadi dua kelompok yaitu :

1. Zeolit alam

Mineral zeolit alam sebenarnya dikenal sejak zaman Romawi kuno, tetapi terbatas pada pemanfaatan untuk bangunan, ornamen, dan plester. Terbentuk karena adanya proses perubahan alam (Zeolitisasi) dari batuan vulkanituf. Mineral zeolit alam ditemukan dalam bentuk sedimentasi yang terjadi karena alterasi (ubahan) dari debu-debu vulkanik yang mengandung gelas silikon dan air asin. Zeolit yang terbentuk dengan cara ini strukturnya kompleks dan seragam. Sedimentasi zeolit ini berlangsung secara kontinyu pada dasar-dasar larutan.

2. Zeolit Sintetis

Jenis zeolit ini direkayasa oleh manusia secara proses kimia. Zeolit sintetis pembuatannya mula-mula meniru proses hidrotermal seperti terjadinya zeolit alam. Sekarang sintesa zeolit didasarkan pada penggunaan gel alumina silikat yang sangat reaktif atau hidrogel yang masih segar. Pada dasarnya penggunaan zeolit alam sama dengan zeolit sintetis. Hal ini disebabkan karena persamaan sifat fisik dan kimia kedua sifat zeolit tersebut,

perbedaannya adalah zeolit sintetis lebih murni dari pada zeolit alam (Komar, dkk.1985).

2.11.4. Sifat Zeolit

Zeolit memiliki berbagai macam sifat yaitu :

a. Dehidrasi

Sifat dehidrasi dari zeolit akan berpengaruh terhadap sifat adsorpsinya. Zeolit dapat melepaskan molekul air dari dalam rongga permukaan yang menyebabkan medan listrik meluas kedalam rongga utama dan akan efektif terinteraksi dengan molekul yang akan diadsorpsi. Jumlah molekul air sesuai dengan jumlah pori-pori atau volume ruang hampa yang akan terbentuk bila zeolit tersebut dipanaskan.

b. Adsorpsi

Dalam keadaan normal ruang hampa dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang berada disekitar kation. Bila kristal zeolit dipanaskan pada suhu 300 °C – 400 °C maka air tersebut akan keluar sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan.

c. Pertukaran Ion

Pertukaran ion adalah suatu proses ion-ion yang berada pada suatu media berelektron ditukar dengan ion-ion yang berada pada larutan. Pertukaran ion resin atau zeolit mempunyai pertukaran tempat terbatas dengan nomor terbatas dan fase konsentrasi total padat. Selama proses penukaran harus dalam kondisi netral, semua tempat penukaran harus menempati cukup kation untuk keseimbangan beban negatif dari penukar. Ion-ion rongga atau kerangka

elektrolit berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion dapat bergerak bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi tergantung dari ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya. Sifat sebagai penukar ion dari zeolit antara lain tergantung dari sifat kation, suhu dan jenis anion. Penukar kation dapat menyebabkan perubahan beberapa sifat zeolit seperti stabilitas terhadap panas, sifat adsorpsi dan aktifitas katalis. Yang perlu diperhatikan dalam mineral zeolit adalah perbandingan Al dan Si. Perbandingan Al dan Si dalam suatu zeolit menentukan kerapatan muatan di dalam struktur kristal. Jika perbandingan Al dan Si lebih besar maka kerapatan muatannya tinggi dan molekulnya lebih besar. Dengan kata lain zeolit dengan perbandingan Al dan Si tinggi maka kapasitas penukar ion juga tinggi.

d. Katalis

Ciri paling khusus dari zeolit yang secara praktis akan menentukan sifat khusus mineral ini adalah adanya ruang kosong yang akan membentuk saluran didalam strukturnya. Bila zeolit akan digunakan pada proses penyerapan atau katalis maka akan terjadi difusi molekul ke dalam ruang bebas diantara kristal. Dengan demikian dimensi serta lokasi saluran sangat penting. Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai pori-pori yang besar dengan permukaan yang maksimum.

e. Penyaring atau Pemisah

Zeolit dapat memisahkan molekul gas atau zat lain dari suatu campuran tertentu karena mempunyai ruang hampa yang cukup besar dengan garis tengah bermacam-macam tergantung jenis zeolitnya (www.wikipedia.org).

Zeolit mempunyai beberapa sifat yang lain yaitu; mudah melepas air akibat pemanasan, tetapi juga mudah mengikat kembali molekul air dalam udara lembab. Oleh sebab sifatnya tersebut maka zeolit banyak digunakan sebagai bahan pengering. Disamping itu zeolit juga mudah melepas kation dan diganti dengan kation lainnya, misal zeolit melepas Natrium dan digantikan dengan mengikat Kalsium atau Magnesium. Sifat ini pula menyebabkan zeolit dimanfaatkan untuk melunakkan air. Zeolit dengan ukuran rongga tertentu digunakan pula sebagai katalis untuk mengubah alkohol menjadi hidrokarbon sehingga alkohol dapat digunakan sebagai bensin. Zeolit alam banyak juga ditemukan di India, Siprus, Jerman dan Amerika Serikat (www.wikipedia.org).

2.11.5. Manfaat Zeolit

2.11.5.1. Dalam Bidang Pengolahan Limbah Industri dan Nuklir

Zeolit digunakan untuk pemisahan amonia/amonium ion dari air limbah industri, untuk pemisahan hasil fisi dari limbah radioaktif dan penggunaan dibidang limbah pertanian. (Las, 2004)

2.11.5.2. Bidang Proses Industri

Berdasarkan sifat sorpsinya terhadap gas dan hidrasi molekul air, zeolit digunakan untuk pengeringan pada berbagai produk industri. Sebagai “*drying agent*” dari senyawa organik, zeolit digunakan antara lain :

- pada proses pemurnian metil khlorida dalam industri karet
- pemurnian fraksi alkohol, metanol, benzen, xylene, LPG dan LNG pada industri petro kimia

- untuk hidrokarbon *propellants-fillers aerosol* untuk pengganti freons industri
- penyerap klorin, bromin dan flourin
- menurunkan humiditas ruangan
- penyerapan gas dan penghilangan warna dari cairan gula pada pabrik gula
- campuran filter pada rokok

Dalam industri petrokimia zeolit digunakan pada proses isomerisasi, hidrosulfurisasi, hidrokraking, hidrogenasi, reforming, dehidrasi, dehidrogenasi dan de-alkilasi, kraking parafin, dispersi toluen/benzen dan xylen. (Las, 2004)

2.11.5.3. Bidang Pertanian dan Lingkungan

Zeolit digunakan sebagai “*soil conditioning*” yang dapat mengontrol dan menaikkan pH tanah serta kelembaban tanah. Penambahan zeolit pada pupuk kandang ternyata juga akan meningkatkan proses nitrifikasi. Pada saat ini bidang pertanian merupakan pemakai terbesar di Indonesia. Disamping untuk “*slow release fertilizer*”, zeolit juga digunakan sebagai carrier pestisida/herbisida dan fungisida.

Dalam bidang peternakan, zeolit juga digunakan sebagai “*food supplement*” pada ternak ruminansia dan non-ruminansia masing-masing dengan dosis 2.5-5% dari rasio pakan perhari yang dapat meningkatkan produktivitas baik susu, daging dan telur, laju pertumbuhan serta memperbaiki kondisi lingkungan kandang dari bau yang tidak sedap. Dalam hal fauna laut, zeolit berperan sebagai pengontrol pH air dan penyerap NH_3NO_3^- dan H_2S , filter air masuk ke tambak, pengontrol kandungan alkali, oksigen dan perbaikan lahan dasar tambak melalui penyerapan logam berat Pb, Fe, Hg, Sn, Bi dan As.

Dalam masalah lingkungan terutama masalah polusi udara zeolit juga pernah ditaburkan dari pesawat terbang diatas reaktor Chernobil untuk maksud menyerap hasil fisi yang terdapat dalam jatuhan debu radioaktif (*fall out*) akibat kebakaran reaktor sovyet tahun 1985.

Zeolit digunakan dalam proses penyerapan gas seperti :

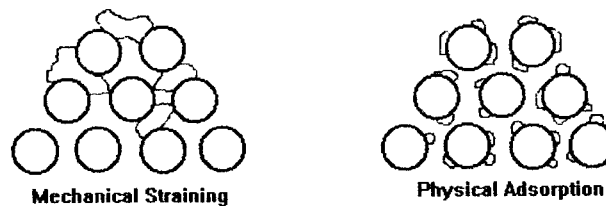
- gas mulia antara lain Ar, Kr dan gas He
- gas rumah kaca (NH_3 , CO_2 , SO_2 , SO_3 dan NO_3)
- gas organik CS_2 , CH_4 , CH_3CN , CH_3OH , termasuk pirogas dan fraksi etanan/etilen
- pemurnian udara bersih mengandung O_2
- penyerapan gas N_2 dari udara sehingga meningkatkan kemurnian O_2 diudara. (Las, 2004)

2.12. Pengertian Filtrasi

Filtrasi adalah suatu proses pemisahan bahan tersuspensi dari air dengan cara melewatkan air pada media berpori. Media ini dapat berupa pasir, antrasit, zeolit atau saringan lembut lainnya. Dari pengalaman telah diketahui bahwa melewatkan air ke dalam lapisan pasir/sejenisnya yang berpori, bahan-bahan terlarut dan koloid hampir seluruhnya dapat dihilangkan, bahan kimia berubah dan jumlah bakteri berkurang dari dalam air. Hal-hal tersebut dapat terjadi karena di dalam pengaliran tersebut terjadi proses penapisan, pengendapan dan adsorpsi dan sedikit terjadi perubahan biologis.

Pada filtrasi dengan media berbutir, terdapat tiga fenomena proses, yaitu :

- a. Transportasi : meliputi proses gerak Brown, sedimentasi, dan gaya tarik antar partikel.
- b. Kemampuan menempel : meliputi proses *mechanical straining*, *physical adsorption*, biologis.



Gambar 2.3. *Mechanical straining* dan *physical adsorption*²

- c. Kemampuan menolak : meliputi tumbukan antar partikel dan gaya tolak menolak.

Berdasarkan pada kapasitas produksi air yang terolah maupun kecepatan aliran di dalam media filter, filtrasi dapat dibedakan menjadi dua yaitu Saringan Pasir Lambat (*slow sand filtration*) dan Saringan Pasir Cepat (*rapid sand filtration*). Dimana dalam penelitian ini akan menggunakan saringan pasir cepat sebagai media penyaring air baku menjadi air bersih.

Saringan pasir cepat dapat dibedakan dalam beberapa kategori :

- a. Menurut jenis media yang dipakai.
- b. Menurut sistem kontrol kecepatan filtrasi.
- c. Menurut arah aliran.
- d. Menurut kaidah grafitasi/dengan tekanan.
- e. Menurut *pretreatment* yang diperlukan.

Berdasarkan sistem alirannya, saringan pasir cepat dibedakan menjadi 3 sistem aliran, yaitu :

² Kemitraan Air Indonesia, 2002

a. Aliran *down flow*

Yaitu pengaliran air melalui media filter dari atas ke bawah secara gravitasi, sistem aliran ini merupakan suatu sistem yang banyak digunakan untuk pengolahan air minum, dimana memerlukan perawatan atau pengelolaan yang mudah. Kelebihan dari sistem ini adalah dalam proses filtrasi relatif lebih mudah dan murah, sedangkan kekurangannya jika air yang akan disaring tersebut kekeruhannya tinggi, beban filter menjadi besar. Sehingga sering terjadi kebuntuan dan selang waktu pencucian filter semakin pendek, kecepatan penyaringan juga relatif rendah sehingga memerlukan ruang yang luas.

b. Aliran *up flow*

Yaitu pengaliran air melalui media filter dari bawah ke atas, dalam sistem ini biasanya diterapkan secara gravitasi maupun dengan penggunaan pompa untuk menghasilkan aliran air ke atas. Kelebihan dari sistem ini adalah beban filter dalam penyaringan partikel terlarut tidak begitu besar walaupun kekeruhannya tinggi, disebabkan karena kandungan partikel terlarut tertinggal pada bagian lapisan bawah filter, sehingga kecepatan penyaringan relatif lebih tinggi dan selang waktu pencucian filter semakin panjang. Kerugian dari sistem ini adalah memerlukan *headloss* yang besar serta dalam prosesnya kadang memerlukan pompa, dan tergolong mahal dalam perawatan.

c. Aliran *horizontal*

Yaitu pengaliran air melalui media filter secara mendatar, dimana perbedaan tinggi permukaan air diperhitungkan dalam sistem ini.

2.12.1. Tipe Filter

Berdasarkan pada kapasitas produksi air yang diolah, saringan pasir dapat dibedakan menjadi dua yaitu saringan pasir cepat dan saringan pasir lambat. Pada pengolahan air dari air baku yang perlu diolah, setelah air mengalami proses koagulasi, flokulasi dan klarifikasi, air kemudian disaring dengan saringan pasir cepat atau lambat. Apabila proses koagulasi tidak perlu dilakukan, maka air baku langsung dapat disaring dengan saringan jenis apa saja termasuk saringan pasir kasar. Saringan pasir kasar adalah saringan yang dipasang sebelum saringan pasir cepat atau lambat. Di dalam saringan ini, partikel halus mengendap dalam rongga-rongga media saringan, melekat secara fisis, sifat operasinya adalah penetrasi partikel yang terbawa air ke bawah.

Pada saringan pasir lambat, yang tertangkap adalah bio-kimia. Karena saringan kasar mampu menahan material tersuspensi dengan penetrasi yang cukup dalam, maka saringan kasar mampu menyimpan lumpur dengan kapasitas tinggi. Pada saringan pasir kasar media saringan berdiameter lebih besar dibanding media saringan pasir cepat atau saringan pasir lambat.

Perbandingan ukuran diameternya sebagai berikut :

Saringa pasir lambat : 0.15 – 0.45 mm

Saringan pasir cepat : 0.40 – 0.70 mm

Saringan pasir kasar : > 2 mm

kriteria desain untuk filter pasir lambat dan filter pasir cepat dapat dilihat pada tabel 2.6 :

Tabel 2.6. Perbandingan konstruksi dan operasi antara filter pasir lambat dan filter pasir cepat.

Keterangan	Filter lambat	Filter cepat
Kecepatan filtrasi	0.1-0.2-0.24 m/jam	4-5-21 m/jam
Luas media filter	Luas : 2000 m ²	Sempit : 40-400 m ²
Kedalaman media	Kerikil : 30 cm Pasir : 90-110 cm Biasa berkurang 50-80 cm, karena pengerukan pasir aktif	Kerikil : 30-45 cm Pasir : 60-70 cm Tidak berkurang karena pengerukan pasir aktif
Ukuran pasir	0.25-0.3 mm	0.55 mm atau lebih
Distribusi butiran pasir dalam filter	Tidak berlapis	Berlapis antara butiran teringan diatas dan terberat di bawah
Sistem buangan	Melalui pipa berlubang, bercabang keluar melalui pipa utama	Melalui pipa berlubang keluar melalui pipa utama
Kehilangan head	6 cm awal – 120 cm akhir	30 cm awal - 240 cm atau 275 akhir
Kurun waktu	20-30-60 hari	12-24-72 hari
Penetrasi unsur tersuspensi	Sangat baik	Sangat baik
Metoda pencucian	Pengerukan lapisan kotor dan pencucian pasir	Pencucian balik dan menghilangkan solida tersuspensi
Jumlah air pencucian	0.2-0.6 % air yang disaring	1-4-6 % air yang disaring
Persiapan pengolahan	Tidak perlu jika NTU < 50	Koagulasi, flokulasi sedimentasi
Penambahan pengolahan klorinasi :		
• Biaya konstruksi	Relatif murah	Relatif mahal
• Biaya operasi	Relatif murah	Relatif mahal
• Depresiasi	Relatif rendah	tinggi

Sumber : KRT Tjokrokusumo 1995

2.12.2. Jenis-jenis Filter Berdasarkan Sistem Operasi dan Media

1. jenis media filter

- a. Filter single media, filter cepat tradisional biasanya menggunakan pasir kuarsa. Pada sistem ini penyaringan SS terjadi pada lapisan paling atas

sehingga dianggap kurang efektif karena sering dilakukan pencucian. Kerikil digunakan sebagai media penyangga.

- b. Filter dual media, sering digunakan filter dengan media pasir kuarsa di lapisan bawah dan antrasit pada lapisan atas.

Keuntungan dual media :

- Kecepatan filtrasi lebih tinggi (10-15 m/jam)
- Periode pencucian lebih lama
- Merupakan peningkatan filter single media

- c. Multi media filter, terdiri dari antrasit, pasir dan garnet atau dolomite, fungsi multi media adalah untuk mengfungsikan seluruh lapisan filter agar berperan sebagai penyaring.

2. Sistem kecepatan control

- a. *Constant rate* : debit hasil proses filtrasi konstan sampai pada level tertentu. Hal ini dilakukan dengan memberikan kebebasan kenaikan level muka air di atas media filter.
- b. *Declining rate* : debit hasil proses filtrasi menurun seiring dengan waktu filtrasi, atau level muka air di atas media filter dirancang pada nilai yang tetap.

3. Sistem aliran

- a. Aliran *down flow* (kebawah)
- b. Aliran *upflow* (keatas)
- c. Aliran horizontal

4. Kaidah pengaliran

- a. Aliran secara gravitasi

b. Aliran dibawah tekanan (pressure filter)

5. Pretreatment

a. Koagulasi – flokulasi – sedimentasi

b. *Direct filtration*

Dalam pengolahan air minum proses filtrasi sering dikombinasikan dengan media lain, seperti arang aktif ataupun pasir zeolit. Untuk karakteristik media filter dengan kombinasi dengan arang aktif dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.7. Arang Aktif jenis granular.

Keterangan	arang (granular)	Pasir
Ukuran	0.86 – 0.21 mm	0.5 - 0.81 mm
Ukuran efektif	1.00 mm	0.5 mm
Koefisien uniformitas	1.3 – 1.5	1.3 – 1.5
Berat jenis	1.4	1.5

Sumber : Renade dan Gadhl (1981)

Tabel 2.8. Arang Aktif jenis serbuk/bubuk.

Keterangan	bubuk	Pasir
Ukuran	0.85 – 0.21 mm	0.5 - 0.81 mm
Ukuran efektif	0.6 mm	0.52 mm
Koefisien uniformitas	1.2	1.3
Berat jenis	1.4	2.65
kedalaman	37.5 cm	37.5 cm

Sumber : Naslikkar, Bhok dan Paranasivan (1976)

Media filter dapat tersusun dari pasir silika alami, antrasit, atau pasir garnet. Media ini umumnya memiliki variasi dalam ukuran, bentuk dan komposisi kimia. Pemilihan media filter yang akan digunakan, dilakukan dengan analisa ayakan. Hasil ayakan suatu media filter digambarkan dalam kurva akumulasi distribusi untuk mencari ukuran efektif dan keseragaman media yang diinginkan.

2.13. Pasir kuarsa

Pasir adalah media filter yang paling umum dipakai dalam proses penjernihan air, karena pasir dinilai ekonomis, tetapi tidak semua pasir dapat dipakai sebagai media filter. Artinya diperlukan pemilihan jenis pasir, sehingga diperoleh pasir yang sesuai dengan syarat-syarat media pasir.

Dalam memilih jenis pasir sebagai media filter hal-hal yang diperhatikan adalah :

- a. Senyawa kimia pada pasir
- b. Karakteristik fisik pasir
- c. Persyaratan kualitas pasir yang disyaratkan
- d. Jenis pasir dan ketersediaannya

2.13.1 Susunan Kimia Pasir

Pada umumnya pasir mempunyai senyawa kimia antara lain : SiO_2 , Na_2O , CaO , MgO , Fe_2O_3 , dan Al_2O_3 . Senyawa yang terpenting dalam pasir sebagai media filter adalah kandungan SiO_2 , yang tinggi, karena SiO_2 yang tinggi memberikan kekerasan pasir semakin tinggi pula (Lewis, 1980). Proses yang terpenting dalam filter yang berhubungan dengan kekerasan pasir adalah pencucian pasir.

2.13.2 Karakteristik Fisik Pasir

Karakteristik fisik pasir yang perlu diperhatikan untuk media filter antara lain adalah :

- a. Bentuk Pasir

Bentuk pasir sangat berpengaruh terhadap kelolosan/permeabilitas.

Menurut bentuknya pasir dapat dibagi menjadi 3, yaitu : bundar, menyudut

tanggung, dan bundar menyudut (Lewis, 1980). Umumnya dalam satu jenis pasir ditemukan bentuk lebih dari satu bentuk butir. Pasir dengan bentuk bundar memberikan kelolosan lebih tinggi dari pada pasir bentuk lain.

b. Ukuran Butiran Pasir

Butiran pasir berukuran kasar dengan diameter > 2 mm memberikan kelolosan yang besar, sedangkan ukuran pasir berukuran halus dengan diameter 0,15-0,45 mm memberikan kelolosan yang rendah. Faktor yang penting dalam memilih ukuran butiran pasir sebagai media saring adalah *effective size (ES)*.

c. Kemurnian pasir

Pasir yang digunakan sebagai media saringan semurni mungkin, artinya pasir benar-benar bebas dari kotoran, misalnya lempung. Pasir dengan kandungan lempung yang tinggi jika digunakan sebagai media filter akan berpengaruh pada kualitas filtrat yang dihasilkan.

d. Kekerasan pasir

Kekerasan pasir dihubungkan dengan kehancuran pasir selama pemakaian sebagai media filter. Kekerasan berhubungan erat dengan kandungan SiO_2 yang tinggi, maka akan memberikan kekerasan yang tinggi pula.

Saringan pasir bertujuan mengurangi kandungan lumpur dan bahan-bahan padat yang ada di air. Ukuran pasir untuk menyaring bermacam-macam, tergantung jenis bahan pencemar yang akan disaring. Pengamatan tentang bahan padat yang terapung, seperti potongan kayu, dedaunan, sampah, dan kekeruhan air

perlu dilakukan untuk menentukan ukuran yang akan dipakai. Semakin besar bahan padat yang perlu disaring, semakin besar ukuran pasir.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi-lokasi yang digunakan sebagai tempat penelitian adalah sebagai berikut:

1. Industri Penyamakan Kulit PT. ASABA, Piyungan, Bantul, Yogyakarta.
Merupakan tempat pengambilan sampel limbah cair dimana limbah diambil sebelum masuk IPAL.
2. Laboratorium Rancang Bangun, Merupakan tempat pembuatan alat pengolahan aerokarbonfilter.
3. Laboratorium Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, Universitas Islam Indonesia. Merupakan tempat penelitian dan pemeriksaan air sampel untuk mengetahui konsentrasi *Chrom Total* (Cr), dan *Total Suspended Solids* (TSS).

3.2. Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah air limbah yang berasal dari industri penyamakan kulit PT. ASABA, Piyungan Bantul. Dengan indikasi terdapatnya kandungan Khrom total dan TSS yang tinggi, kemudian akan dilakukan penurunan kadar Khrom total dan TSS melalui proses aerasi, adsorben dengan media karbon aktif, zeolit dan filtrasi pasir kuarsa.

3.3 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian skala laboratorium dan bersifat eksperimen yang ditunjang dengan pengamatan lapangan, yaitu proses yang berlangsung selama penelitian dilakukan.

3.4 Metode Pengumpulan Data

1. Data Primer, yaitu data yang diperoleh langsung dari pengamatan di lapangan dan data laboratorium tentang kandungan Khrom total dan TSS.
2. Data Sekunder, yaitu pengumpulan data dari studi pustaka sebagai penunjang yang berkaitan dengan permasalahan, baik yang diperoleh dari penelitian sebelumnya maupun dari instansi terkait.

3.5 Variabel Penelitian

1. Variabel bebas (*Independent variable*)
 - Variasi waktu pengaliran (0 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit).
 - Karbon aktif dan pasir zeolit memiliki ketebalan 0,3 m.
 - Tipe saringan pasir cepat dengan diameter pasir 0,4 - 0,8 mm dan ketebalan 0,3 m.
2. Variabel terikat (*Dependent variable*)
 - Parameter yang diteliti adalah kandungan Khrom total (Cr total) dan *Total Suspended Solid* (TSS).
 - Perbandingan efisiensi antara karbon aktif dan zeolit

3.6 Alat dan Bahan Penelitian

3.6.1 Desain Reaktor

- Aerasi

Aerasi yang digunakan adalah tipe multipletray aerasi. Jumlah tray 4 buah dengan jarak tiap tray 0,1 m.

- Karbon aktif dan pasir zeolit

Karbon aktif yang digunakan dalam penelitian ini adalah arang aktif yang berasal dari tempurung kelapa, sedangkan pasir zeolit yang digunakan adalah pasir zeolit alam. Karbon aktif dan pasir zeolit memiliki ketebalan 0,3 m.

- Pasir

Media penyaring yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah pasir kuarsa. Tipe saringan pasir cepat dengan diameter pasir 0,4 - 0,8 mm dan ketebalan 0,3 m.

- Reaktor yang direncanakan terbuat dari kaca, jenis reaktor bertingkat yang susunannya terdiri atas aerasi, karbon aktif, dan filter pasir.

Tabel 3.1 Dimensi reaktor

Dimensi	Simbol	Hasil perhitungan	Satuan	Pers.yang digunakan
panjang	L	0.5	m	
lebar	W	0.5	m	
tinggi pasir	Tp	0.3	m	
tinggi karbon	Tk	0.3	m	
tinggi tray aerasi	Tt	4×0.1	m	
luas area	A	0.25	m	L×W
Volume karbon	Vk	0.075	m	A×Tk
volum reaktor	Vr	0.075	m	A×Tp
debit	Q	0.01	Lt/10dt	

3.6.2 Alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian adalah :

I. Alat penelitian

a. Alat

- Gergaji besi
- Cutter
- Penggaris
- Spidol
- Bor

b. Analisa Khrom total

- Spektrofotometer dengan panjang gelombang 540 nm
- Kaca arloji
- Cawan Porselen
- Pipet gondok 50 ml
- Labu ukur 50, dan 100 ml
- Labu Erlenmeyer 250 ml

c. Analisa TSS:

- Kertas saring *Whatman* 0.45-1 μ m
- Labu ukur 50 ml
- Pompa vacuum
- Penjepit
- Desikator
- Oven pengoperasian suhu 105 ° c
- Timbangan analitik

II. Bahan Penelitian

a. Pembuatan Reaktor

Bahan yang digunakan dalam pembuatan reaktor aerokarbonfilter, antara lain:

- a) Kaca
- b) Akrilik
- c) Besi siku
- d) Pipa PVC
- e) Sekrup
- f) Selang plastik
- g) Gate valve
- h) Pompa
- i) Lem
- j) Ember
- k) Media penyaring
 - a. Pasir Kuarsa
 - b. Karbon/arang Aktif
 - c. Zeolit

b. Analisa Khrom total

- Asam Nitrat pekat
- Larutan asam sulfat (1+1)
- Indikator metil jingga
- Larutkan amonia
- Larutan permanganat

- Larutan natrium azid
 - Larutan difenilkarbazid
- b. Analisa TSS
- Aquades
 - Kertas saring *Whatman* 0.45-1 μ m

3.7 Pelaksanaan Penelitian

3.7.1 Tahapan persiapan

1. Persiapan alat dan bahan

Alat-alat dan bahan-bahan yang diperlukan dipersiapkan terlebih dahulu sebelum penelitian dilaksanakan, karena sangat menentukan kelancaran jalannya penelitian.

2. Pembuatan reaktor

Reaktor dibuat menggunakan kaca dan akrilik dengan susunan bertingkat terdiri atas aerasi, adsorben (karbon aktif dan zeolit), filtrasi (pasir kuarsa) menggunakan arah aliran ke bawah (*down flow*).

3. Penentuan Debit

Penentuan debit dilakukan dengan cara mengalirkan sejumlah air ke dalam reaktor secara kontinyu dan outletnya diukur dengan cara ditampung dalam gelas ukur dan dicatat waktunya

4. Pengambilan sampel untuk mengetahui efisiensi pengolahan

Pengambilan sampel limbah cair untuk mengetahui efisiensi pengolahan dilakukan dalam 2 tahap pengambilan :

- a. Sebelum pengolahan : Limbah cair dari industri penyamakan kulit yang mempunyai kadar Cr dan TSS sebelum melewati media karbon aktif dan zeolit.
- b. Setelah pengolahan : Outlet yang dihasilkan setelah melalui pengolahan reaktor berdasarkan variasi lama waktu pengaliran .

Tiap sampel air sebelum dan sesudah pengolahan diambil \pm 500 ml.

5. Variasi percobaan

Untuk melihat efisiensi penurunan khrom total dan TSS dilakukan variasi pada perbandingan antara karbon aktif dan zeolit, sedangkan untuk variasi waktu pengaliran yaitu 0 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit.

3.7.2 Tahap Pelaksanaan Percobaan

3.7.2.1 Pengoperasian Instalasi

1. Pengambilan sampel awal

Sampel limbah cair diambil dari industri penyamakan kulit PT. ASABA, Piyungan, Bantul. Yang diduga mengandung khrom dan TSS yang tinggi dan akan digunakan sebagai sampel limbah cair untuk pengolahan.

2. Air baku/sampel limbah ditampung di bak penampung sehingga diharapkan terjadi proses homogenisasi kemudian dialirkan ke dalam reaktor dengan cara air baku dipompa menuju reaktor sehingga air ke luar melalui aerasi jatuh ke tray aerasi lalu secara gravitasi jatuh ke permukaan adsorben (karbon aktif dan zeolit) kemudian ke filtrasi (pasir kuarsa) secara gravitasi.

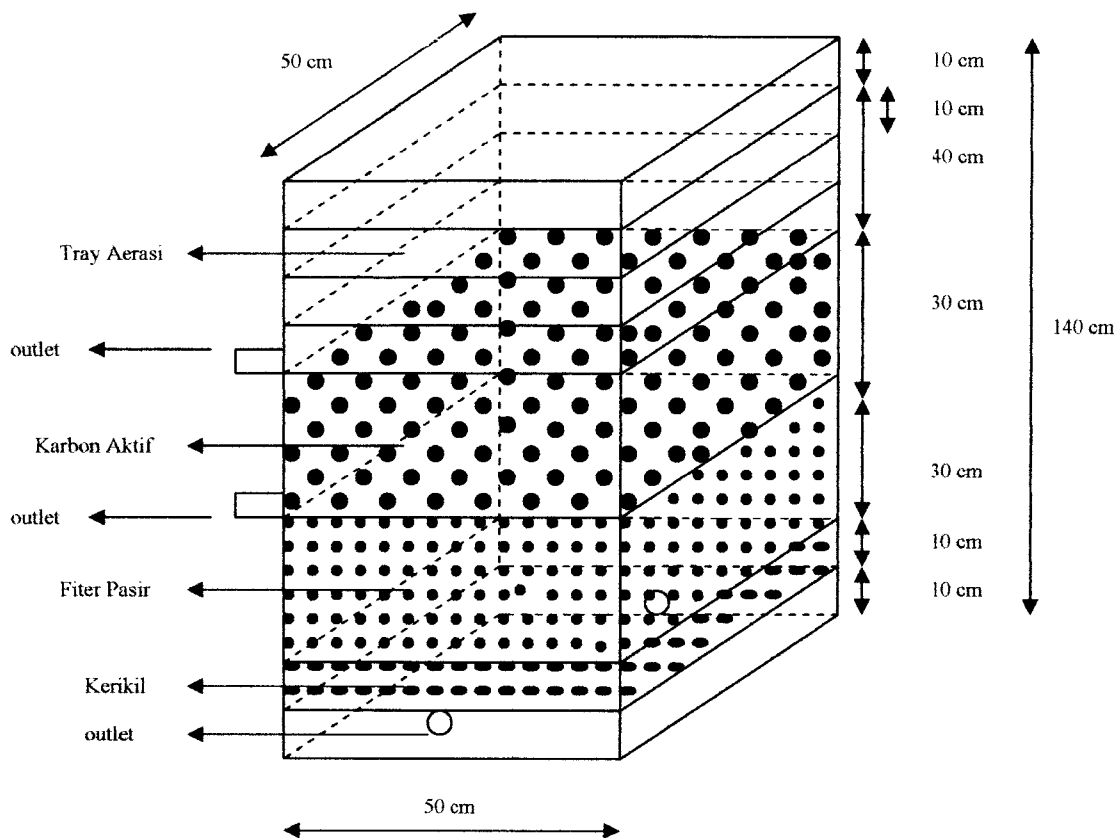
3. Pengaliran air baku dilakukan secara kontinyu dari atas ke bawah (*down flow*) dan dibiarkan mengalir sampai operasi penyaringan berjalan stabil.

4. Air dari hasil pengolahan tersebut ditampung dalam botol sampel mengikuti waktu yang telah direncanakan dan diberi larutan HNO_3 pekat (diawetkan) untuk menjaga agar kandungan khrom dalam air stabil (pH rendah), sebelumnya terlebih dahulu diperiksa TSS, selanjutnya diambil untuk dianalisa di laboratorium.
5. Effluent hasil penyaringan tersebut diambil, kemudian diukur untuk kadar Cr total dan TSS. Pengambilan dilakukan tiap 30 menit sekali hingga 120 menit dan selanjutnya dianalisa dengan metode 3 kali perulangan (*triplo*).

3.7.2.2 Pemeriksaan Parameter

Seperti yang dijelaskan pada bagan pelaksanaan penelitian, sampel-sampel yang telah melalui proses pengolahan akan dianalisa di Laboratorium Kualitas Air FTSP Universitas Islam Indonesia dengan menggunakan metode Spektrofotometri serapan atom (SSA)-nyala (SNI 06-6989.17-2004) untuk analisis Cr, sedangkan untuk penelitian parameter TSS menggunakan metode Gravimetri (SNI 06-6989.3-2004)

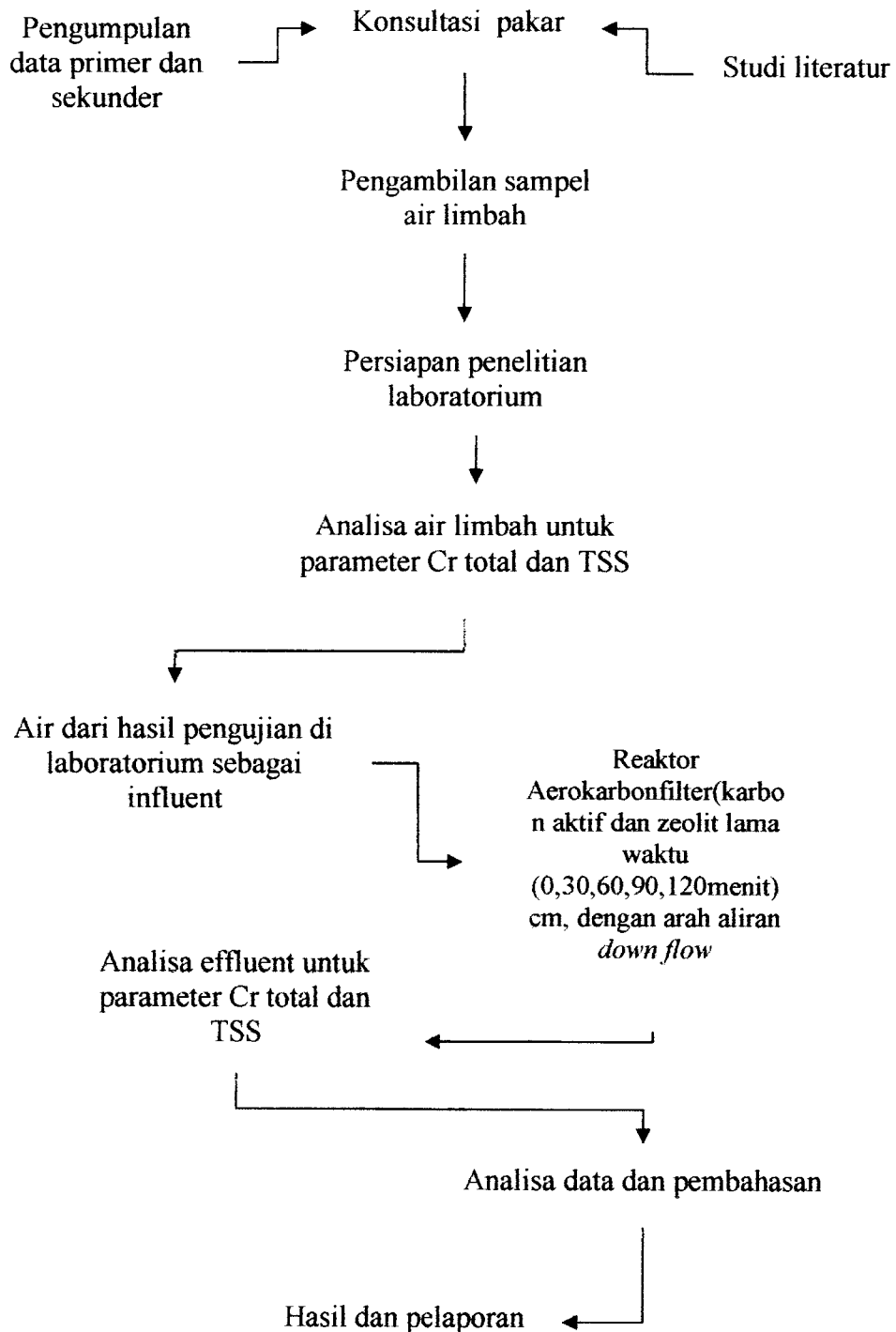
3.7.3 Gambar Reaktor Aerokarbonfilter



Gambar 3.1. Sketsa Reaktor Aerokarbonfilter

3.7.4 Diagram alir Penelitian

Secara garis besar metode penelitian dapat dilihat pada diagram alir berikut ini :



Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian

3.8 Analisis Data

Effluent dari hasil pengolahan oleh alat dianalisa di laboratorium dan untuk mengetahui efisiensi penurunan kadar Cr total dan TSS, maka dihitung efisiensinya dengan membandingkan influent dan effluent dan dinyatakan dalam persen.

Perhitungan efisiensi :

$$E = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

E = Efisiensi

C₁ = Kadar Cr total atau TSS sebelum *treatment*

C₂ = Kadar Cr total atau TSS sesudah *treatment*

Hasil dari perhitungan rumus di atas merupakan persentase efisiensi penyaringan menggunakan reaktor aerokarbonfilter yang digunakan untuk menentukan sejauh mana kemampuan media karbon aktif dan zeolit tersebut dalam menurunkan kandungan Cr total dan TSS dalam limbah cair industri penyamakan kulit.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Hasil Penelitian

4.1.1. Kandungan Khrom (Cr) total dan TSS pada air limbah

Khrom merupakan salah satu logam berat yang keberadaannya di lingkungan membahayakan bagi manusia. Salah satunya adalah keberadaan khrom di dalam badan air (sungai). Parameter air baku/air limbah yang dianalisa dalam penelitian ini adalah kadar Khrom (Cr) total dan TSS, air limbah yang berasal dari industri penyamakan kulit PT. ASABA, Piyungan, Bantul

Pengolahan air ini menggunakan reaktor aerokarbonfilter, yaitu kombinasi antara proses aerasi, adsorpsi dan filtrasi. Dengan menggunakan reaktor ini diharapkan air hasil pengolahan telah memenuhi standar kualitas air buangan. Pada penelitian ini dilakukan percobaan sebanyak dua kali.

- Percobaan I menggunakan reaktor aerokarbonfilter, dengan media adsorpsi jenis karbon/arang aktif.
- Percobaan II menggunakan reaktor aerokarbonfilter, dengan media adsorpsi jenis zeolit.

Akan dilakukan perbandingan kualitas air hasil percobaan I dan II. Adapun pemeriksaan dilakukan pada inlet awal, outlet aerasi, outlet media adsorpsi dan outlet filtrasi. Pengambilan sampel air dilakukan sebanyak lima kali yaitu pada menit 0, 30, 60, 90, dan 120. pemeriksaan dilakukan untuk mengetahui kandungan Khrom (Cr) total dan TSS (*Total Suspended Solid*) yang terkandung dalam air

buangan yang berasal dari industri penyamakan kulit. Hasil analisa laboratorium untuk konsentrasi Khrom (Cr) total dan TSS diharapkan memenuhi standar baku mutu air buangan yang ditetapkan. Pemeriksaan parameter Khrom (Cr) dan TSS dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia. Hasil analisis mencakup konsentrasi Khrom total dan TSS yang terkandung dalam air limbah tersebut, yaitu pada inlet, outlet aerasi, outlet adsorpsi, dan outlet filtrasi.

Untuk perhitungan prosentase dapat dihitung dengan formula :

$$\text{Removal} = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100$$

Dimana: C_{in} = konsentrasi Khrom total sebelum masuk reaktor

C_{out} = konsentrasi Khrom total setelah masuk reaktor

4.1.1.1. Penurunan Khrom Total

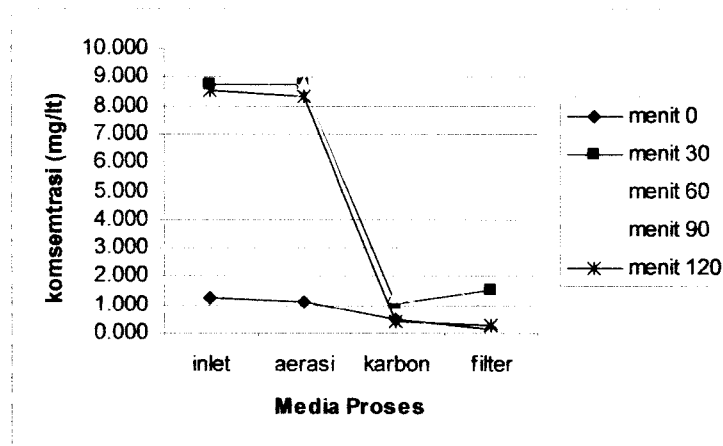
Percobaan I dengan menggunakan Karbon Aktif

Berdasarkan analisis laboratorium yang dilakukan terhadap air limbah yang diambil dari industri penyamakan kulit tersebut, didapatkan data sebagai berikut :

Tabel. 4.1. Hubungan antara waktu dengan konsentrasi Khrom (Cr) total pada air limbah dengan menggunakan aerasi, karbon aktif dan filtrasi (perc.I).

	menit 0 (mg/lt)	menit 30 (mg/lt)	menit 60 (mg/lt)	menit 90 (mg/lt)	menit 120 (mg/lt)	rata- rata	efisiensi (%)
inlet	1.26	8.74	7.79	8.50	8.50	6.96	0.00
aerasi	1.12	8.71	8.71	8.50	8.32	7.07	-1.66
karbon	0.50	1.03	1.30	3.07	0.41	1.26	82.16
filtrasi	0.13	1.54	0.16	0.72	0.27	0.56	55.37

(Sumber : Data Primer, 2006)



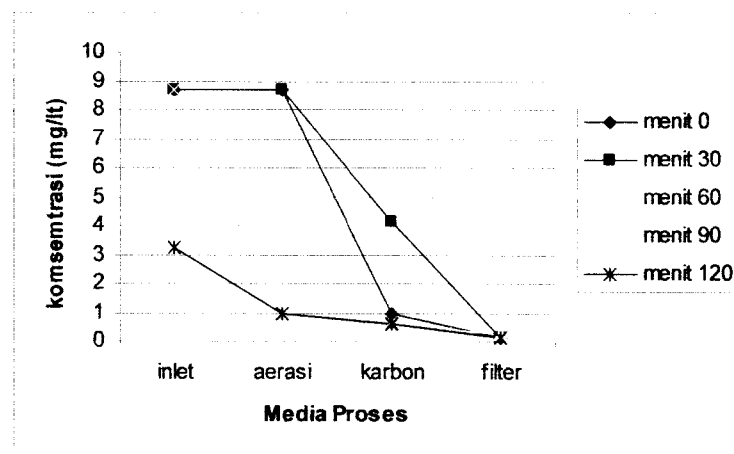
Gambar 4.1. Hubungan waktu dengan konsentrasi Khrom pada berbagai media proses (Inlet, Aerasi, Adsorpsi, Filtrasi) (Percobaan.I)

Percobaan II dengan menggunakan pasir zeolit.

Data hasil pengukuran dan prosentase penurunan kadar Khrom (Cr) total pada percobaan II dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini :

Tabel 4.2. Hubungan antara waktu dengan konsentrasi khrom total dengan menggunakan aerasi, zeolit, dan filter (perc.II).

	menit 0 (mg/l)	menit 30	menit 60	menit 90	menit 120	rata-rata	efisiensi (%)
inlet	8.714	8.714	1.426	8.714	3.210	7.695	0
aerasi	8.714	8.714	0.782	0.990	0.954	5.039	34,518
zeolit	0.940	4.136	0.540	0.582	0.590	1.697	66,319
filtrasi	0.132	0.112	0.264	0.152	0.146	0.202	88,126



Gambar 4.2. Hubungan waktu dengan konsentrasi khrom pada berbagai media proses (Inlet, Aerasi, Adsorpsi, Filtrasi)

4.1.1.2 Proses Aerasi Terhadap Konsentrasi Khrom Total

Percobaan I aerasi dengan media karbon aktif

Pada proses aerasi *multiple tray* dengan jumlah *tray* 4 buah menggunakan media adsorben karbon aktif yaitu pada percobaan I, dapat dilihat bahwa hasil analisis di laboratorium konsentrasi khrom (Cr) total pada aerasi tidak terjadi

penurunan atau hampir sama dengan konsentrasi inlet awal. Hal ini terjadi akibat tidak terjadi atau tidak mengalami proses transfer gas.

Konsentrasi khrom (Cr) total pada inlet awal menit 0 – menit 120 tidak terjadi penurunan konsentrasi, misal pada menit 90 inlet awal 8,50 mg/lit dan pada aerasi menit yang sama konsentrasi tidak berubah yaitu sebesar 8,50 mg/lit. Tetapi pada menit ke-60 terjadi kenaikan konsentrasi kandungan khrom (Cr) pada aerasi, hal ini dikarenakan terjadi endapan-endapan kecil diantara/disela-sela lubang tray sebelum menit ke-60, kemungkinan besar terbawa pada pengambilan air sampel di menit 60 sehingga bersifat akumulatif dan mengakibatkan naiknya konsentrasi khrom pada menit 60.

Tidak terjadinya transfer gas diakibatkan tidak terjadinya kontak udara atau gas lain dengan air limbah yang menyebabkan tidak berpindahannya suatu senyawa dari fase gas ke fase cair atau tidak menguapnya suatu senyawa dari fase cair (dalam bentuk terlarut) menjadi fase gas (lepas ke udara). Dapat dilihat pada tabel 4.1. efisiensi removal dari proses aerasi menunjukkan angka -1,66 %

Berdasarkan sifat-sifat kimianya, logam khromium 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 sedikit, akan tetapi dalam udara yang mengandung karbondioksida (CO_2) dalam konsentrasi tinggi.(Palar, 1994).

Peningkatan suhu sebesar 1°C akan meningkatkan konsumsi oksigen sekitar 10 % (Brown, 1987). Dekomposisi bahan organik dan oksidasi bahan anorganik dapat mengurangi kadar oksigen terlarut hingga mencapai nol (anaerob).

Faktor utama yang mempengaruhi perpindahan oksigen:

- Pengaruh suhu

Koefisien penyerapan oksigen meningkat seiring dengan kenaikan suhu, karena suhu dalam air akan mempengaruhi tingkat difusi. Kemampuan difusi oksigen meningkat dengan peningkatan suhu.

- Kejenuhan oksigen

Menurut Eckenfelder dan O'connor dalam (Benefield & Randal, 1982) konsentrasi jenuh oksigen dalam air tergantung pada derajat salinitas air, suhu dan tekanan parsial oksigen yang berkontak dengan air

- Derajat turbulensi

Turbulensi dalam aerasi akan menurunkan derajat tahanan liquid-film, akan meningkatkan laju perpindahan masa oksigen karena terjadi percepatan laju pergantian permukaan bidang kontak, yang berakibat defisit oksigen tetap terjaga konstan, turbulensi secara langsung akan meningkatkan nilai koefisien perpindahan oksigen

Dalam bidang industri, khromium diperlukan dalam dua bentuk, yaitu khromium murni, dan aliasi besi-khromium yang disebut ferokhromium sedangkan logam khromium murni tidak pernah ditemukan di alam.

Percobaan II aerasi dengan media zeolit

Dilakukan dua kali percobaan percobaan I dengan media karbon aktif dan pada percobaan II dengan media zeolit. Dilihat dari tabel 4.2. peneliti berkesimpulan bahwa tidak terjadi penurunan pada menit 0 dan pada menit 30.

Tetapi pada menit 60, menit 90, dan menit 120 terjadi penurunan, peneliti mencoba membahas proses dan fenomena yang terjadi, terlihat pada tabel 4.2. bahwa inlet awal pada menit 60 dengan konsentrasi khrom total 1,426 mg/lit mengalami penurunan menjadi 0,782 mg/lit. Terjadinya penurunan disebabkan karena air limbah yang dipakai tidak homogen, dan kemungkinan besar selang waktu pemakaian antara air limbah pada percobaan I begitu diambil pada sumbernya, air limbah langsung digunakan dan dianalisis, sedangkan pada percobaan II terlalu lama tidak diolah menyebabkan terbentuknya endapan-endapan di dinding pada bak penampung limbah, sisanya senyawa-senyawa khromium menguap.

Sehingga dengan menggunakan proses aerasi 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 kebanyakan bersifat asam, seperti dijelaskan pada sub bab (2.4.). Cr^{3+} dapat mengendap dalam bentuk hidroksida. Khrom hidroksida ini tidak terlarut dalam air. Khrom tidak terlarut dalam air pada kondisi pH optimal 8,5 – 9,5 akan tetapi melarut lebih tinggi pada kondisi rendah atau asam. Pada dasarnya, asiditas (keasaman) tidak sama dengan pH. Asiditas melibatkan dua komponen, yaitu jumlah asam, baik asam kuat maupun asam lemah (misalnya asam karbonat dan asam asetat), dan konsentrasi hidrogen. Menurut APHA (1976), pada dasarnya asiditas menggambarkan kapasitas kuantitatif air untuk menetralkan basa hingga pada pH tertentu, yang dikenal dengan sebutan *base-neutralizing capacity* (BNC); sedangkan Tebbut (1992) menyatakan bahwa pH hanya menggambarkan ion hidrogen.

Mackereth *et al.* (1989) berpendapat bahwa pH juga berkaitan erat dengan karbondioksida dan alkalinitas. Pada pH <5, alkalinitas dapat mencapai nol. Semakin tinggi nilai pH, semakin tinggi pula nilai alkalinitas dan semakin rendah kadar karbondioksida bebas.

Cr^{6+} sulit mengendap, sehingga dalam penanganannya diperlukan zat pereduksi dari Cr^{6+} menjadi Cr^{3+} . (Palar, 1994)

Senyawa yang terbentuk dari ion khromium (III) atau Cr^{3+} bersifat amporter 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.

Penurunan yang signifikan terjadi pada menit 90 dapat dilihat pada tabel 4.2. inlet awal pada menit 90 adalah 8,714 mg/ltr menjadi 0,990 mg/ltr.

Khromium termasuk kedalam logam berat, menurut Niebor dan Richardson menggunakan istilah logam berat untuk menggantikan pengelompokan ion-ion logam ke dalam 3 kelompok biologi dan kimia (bio-kimia), pengelompokan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Logam-logam yang dengan mudah mengalami reaksi kimia bila bertemu dengan unsur oksigen atau disebut juga dengan *oxygen-seeking metal*.
2. Logam-logam yang dengan mudah mengalami reaksi kimia bila bertemu dengan unsur nitrogen dan atau unsur belerang (sulfur) atau disebut juga *nitrogen sulfur seeking metal*.

3. Logam antara atau logam transisi yang memiliki sifat khusus (spesifik) sebagai logam pengganti (ion pengganti) untuk logam-logam atau ion-ion logam dari kelas A dan logam dari kelas B.

Bio-kimia dapat diartikan sebagai peranan kimia (unsur-unsur kimia) dalam kehidupan makhluk hidup di antaranya adalah unsur-unsur logam.

4.1.1.3. Penurunan Konsentrasi Khrom Total dengan Proses Adsorpsi

Percobaan I dengan media karbon aktif granular

Hasil analisis dilaboratorium menunjukkan karbon aktif dengan jenis granular mampu menurunkan kandungan logam khrom (Cr) dalam sampel air limbah dengan proses kontinyu dan lama waktu pengoperasian adalah 2 jam. Untuk meminimalkan konsentrasi logam khrom tersebut parameter yang sangat berpengaruh pada proses adsorpsi yaitu ketebalan media karbon aktif dan debit dari limbah tersebut.

Konsentrasi inlet limbah yang tidak stabil karena tidak homogen menyebabkan peneliti untuk mengambil sampel inlet pada tiap menit. Dapat dilihat bahwa dengan ketebalan media karbon aktif yang digunakan adalah 30 cm dan dengan $Q = 0,01$ ltr/10 detik, konsentrasi khromium semakin kecil. Hal ini dikarenakan luas permukaan dari karbon aktif semakin besar dan dengan $Q = 0,01$ ltr/10 detik sehingga kapasitas dari karbon aktif untuk mengadsorp semakin banyak.

Mulai dari menit 0 sampai dengan menit ke 120 penurunan konsentrasi khrom total terus menurun, dari keseluruhan proses, efisiensi removal terbesar

pada proses adsorpsi (karbon aktif) yaitu sebesar 82,16 % dapat dilihat pada tabel 4.1.

Efisiensi removal terjadi pada media adsorpsi (karbon aktif dan zeolit) karena adanya bahan-bahan yang hilang (teradsorb) sehingga konsentrasi yang masuk lebih kecil.

Waktu *breakthrough* dan *exhaust point* belum tercapai. Hal ini disebabkan karena reaktor hanya dioperasikan selama 2 jam, sedangkan lamanya *run time* belum diketahui. Lamanya *run time* karena konsentrasi khrom total yang digunakan tidak memperhatikan faktor interaksi dengan parameter lain (pengaruh berbagai unsur lain dalam limbah) sedangkan air limbah yang digunakan merupakan limbah campuran.

Limbah penyamakan kulit merupakan limbah campuran yang terdiri dari berbagai bahan. Interaksi antara persaingan adsorbat yang berbeda (COD, warna, logam berat, campuran organik dll) akan mengurangi kapasitas penyerapan dari adsorben (K. Vasanth Kumar dkk, 2004). ukuran molekulnya juga berbeda-beda. Pada situasi ini akan memperburuk penyaringan molekul karena molekul yang lebih besar akan menutupi pori sehingga mencegah masuknya molekul yang lebih kecil. Selain itu, dalam proses adsorpsi perlu diperhatikan komposisi ion dan pengaruh elektrolit lain yang terdapat dalam air limbah. Kehadiran logam pada limbah juga mempunyai pengaruh besar terhadap adsorpsi bahan organik, karena ion logam bermuatan positif pada permukaan karbon akan meningkatkan energi atraksi (Cheremisinoff, 1978). Hal ini mempengaruhi efisiensi adsorban untuk mengadsorpsi adsorbat dan lamanya waktu jenuh.

Dalam pengaplikasian sistem kontinyu pada pengolahan air bersih maupun air limbah biaya-biaya yang dikeluarkan meliputi persiapan lokasi, podasi, bangunan, pompa backwash, kompresor udara, komponen elektrik, kontrol otomatis, *engineering* dan biaya eksploitasi (Freeman, 1988). Biaya konstruksi, operasi dan pemeliharaan serta biaya-biaya regenerasi dan adsorpsi baik karbon ataupun zeolit tergantung pada karakteristik dari air limbah yang akan diolah, kapasitas dari rancang bangun unit pengolahan (*plant*), dan lokasi dari *plant*. Biaya-biaya konstruksi meliputi reaktor karbon, sistem pengangkutan karbon, tangki penyimpanan karbon, regenerasi karbon (jika diaplikasikan), sistem pemompaan *influent* (jika diaplikasikan) dan sistem *backwash* pada reaktor. Biaya operasi dan pemeliharaan meliputi pembelian karbon, regenerasi karbon, daya listrik yang digunakan untuk pemompaan dan kontrol serta penggantian komponen reaktor yang rusak. (Anonim, 2000)

Percobaan II dengan media zeolit granular

Percobaan II dengan menggunakan media adsorben yaitu zeolit granular terjadi penurunan, dapat dilihat dari hasil analisis pada tabel 4.2 dari menit ke-0 sampai dengan menit ke-120 konsentrasi khromium menurun. Senyawa ion kromium (Cr) dapat teradsorb oleh media zeolit

Pertukaran ion merupakan suatu proses dimana ion-ion yang terserap pada suatu permukaan media filter 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.

Penurunan konsentrasi khrom (Cr) dengan menggunakan pasir zeolit dapat terjadi karena adanya rongga-rongga pada zeolit yang menyebabkan medan listrik meluas ke dalam rongga utama dan terjadi interaksi dengan molekul yang diadsorpsi.

Dimana menurut (Reynold,1982) proses adsorpsi dibagi menjadi 2 yaitu adsorpsi fisik dan kimia. Adsorpsi fisik terjadi karena adanya gaya Van Der Waals, apabila gaya tarik antara molekul zat terlarut dengan adsorben lebih besar daripada gaya tarik antara molekul zat terlarut dengan pelarutnya, maka zat terlarut tersebut akan diadsorpsi. Akan tetapi ikatan tersebut sangat lemah sehingga mudah untuk diputuskan apabila konsentrasi zat terlarut yang teradsorpsi diubah. Jadi proses ini berlangsung bolak-balik. Sedangkan pada proses adsorpsi kimia ikatan antara zat terlarut yang teradsorpsi dan adsorben sangat kuat, sehingga sulit untuk dilepaskan dan proses hampir tidak mungkin untuk bolak-balik.

4.1.1.4. Proses Filtrasi Terhadap Konsentrasi Khrom Total

4.1.1.4.1. Pengoperasian filter

Semua bahan yang telah dipersiapkan kemudian dirangkai menjadi 1 macam reaktor terdiri dari 3 macam proses yaitu aerasi, adsorpsi dan filtrasi, (ketebalan media filter pasir kuarsa 30 cm) lengkap dengan sistem perpipaan dan reservoir, dengan arah aliran ke bawah (*down flow*). Sebelum filter dijalankan

untuk menganalisa air baku, terlebih dahulu filter dialirkan air bersih (indikasi tidak terdapat Fe dan Mn), kemudian outletnya ditampung dan diukur sesuai dengan kecepatan yang diinginkan, setelah didapat kecepatan konstan maka reaktor siap digunakan. Dalam pengambilan sampel air dari outlet dilakukan setiap 30 menit hingga 120 menit.

Percobaan I dengan media karbon aktif

Pada percobaan I dengan menggunakan media karbon aktif, Proses filtrasi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan tipe saringan pasir cepat, media filter yang digunakan adalah pasir kuarsa. Konsentrasi khrom yang berasal dari proses adsorpsi oleh karbon aktif akan disaring dengan menggunakan saringan pasir cepat. Pada tabel 4.1 dapat dilihat terjadi penurunan konsentrasi khrom pada proses filtrasi dari menit ke-0 sampai dengan menit ke -120, kecuali pada menit ke-30.

Pada prinsipnya fenomena yang terjadi selama berlangsungnya proses penyaringan jenis saringan pasir ini (Razif,1985). Dimana proses tersebut meliputi:

1. *Mechanical Straining*, yaitu proses penyaringan partikel *suspended matter* yang terlalu besar untuk bisa lolos melalui lubang antara butiran pasir, yang berlangsung diseluruh permukaan saringan pasir dan sama sekali tidak bergantung pada kecepatan penyaringan.
2. Sedimentasi, akan mengendapkan partikel *suspended matter* yang lebih halus ukurannya dari lubang pori pada permukaan butiran. Proses pengendapan terjadi pada seluruh permukaan pasir.

3. *Adsorption* adalah proses yang paling penting dalam proses filtrasi. Proses adsorpsi dalam saringan pasir lambat terjadi akibat tumbukan antara partikel – partikel tersuspensi dengan butiran pasir saringan dan dengan bahan pelapis seperti gelatin yang pekat yang terbentuk pada butiran pasir oleh endapan bakteri dan partikel koloid. Proses ini yang lebih penting terjadi sebagai hasil daya tarik menarik elektrostatis, yaitu antara partikel – partikel yang mempunyai muatan listrik yang berlawanan.
4. Aktivitas kimia, beberapa reaksi kimia akan terjadi dengan adanya oksigen maupun bikarbonat.

Terjadi kenaikan konsentrasi pada menit ke- 30, hal ini disebabkan karena adanya kandungan besi pada pasir kuarsa itu sendiri. Dari analisa laboratorium untuk mengetahui ada atau tidak adanya kandungan besi (Fe) pada pasir kuarsa, maka dilakukan suatu percobaan yaitu, 100 gr pasir kuarsa dicampur dengan 100 ml air. Diaduk selama 60 menit dengan kecepatan 100 rpm, selanjutnya air disaring dengan kertas saring, selanjutnya air sampel ini dilanalisa. Dalam proses pencampuran aliran turbulen akan membantu dalam pencampuran. Semakin luas permukaan kontak bahan yang dicampur maka akan semakin mudah gerakannya didalam campuran, maka proses pencampuran akan semakin baik. Faktor-faktor yang mempengaruhi pencampuran antara lain : viskositas/kelarutan; jenis bahan; urutan pengumpanan dan bahan penolong. Dengan pencampuran tersebut maka akan terbentuk larutan koloid. Koloid terdiri dari partikel halus yang tersuspensi didalam bahan kedua yang homogen. Tiap partikel merupakan paket molekul kecil mengandung 10^3 - 10^9 molekul berdiameter 10^{-7} - 10^{-5} . Koloid dikenal sebagai

dispersi halus. Dari hasil analisa diperoleh data bahwa konsentrasi besi (Fe) pada air sampel sebesar 0,285 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa pada pasir kuarsa terdapat kandungan besi yang akan terbawa oleh aliran air yang diolah dan mempengaruhi konsentrasi air sampel pada menit ke 30.

Pasir kuarsa mempunyai beberapa sifat cukup spesifik, sehingga untuk pemanfaatannya yang maksimal diperlukan pengetahuan yang cukup mengenai sifat – sifatnya. Sifat – sifat tersebut antara lain :

a. Bentuk butiran pasir.

Bentuk butiran pasir dapat dibagi 4 (empat) macam yaitu : membulat (*rounded*), menyudut tanggung (*sub – angular*), menyudut (*angular*), dan gabungan (*compound*). Pasir yang berbentuk bundar memberikan kelolosan yang lebih tinggi daripada bentuk yang menyudut.

b. Ukuran butiran pasir.

Butiran pasir yang berukuran besar/kasar memberikan kelolosan yang lebih besar sedangkan yang berbutir halus memberikan kelolosan yang lebih rendah. Pasir yang berbutir halus mempunyai luas permukaan yang lebih luas.

c. Sebaran ukuran butiran pasir, dapat dibagi menjadi 4 macam, yaitu :

1. Sebaran ukuran butir sempit. yaitu susunan ukuran butir hanya terdiri dari kurang lebih 2 (dua) macam saja
2. Sebaran ukuran butir sangat sempit, yaitu 90 % ukuran butir pasir terdiri dari satu macam saja.
3. Sebaran butir pasir lebar, yaitu susunan ukuran butir terdiri dari kurang lebih 3 (tiga) macam.

4. Sebaran ukuran butir pasir sangat lebar, yaitu susunan ukuran butiran pasir terdiri dari lebih dari tiga (tiga) macam.
- d. Susunan kimia, beberapa senyawa kimia yang perlu diperhatikan dalam pasir kuarsa adalah SiO_2 , Na_2O , CaO , Fe_2O_3 . Kandungan SiO_2 dipilih setinggi mungkin dan kandungan senyawa yang lain serendah mungkin. Secara umum pasir kuarsa Indonesia mempunyai komposisi :
- a. SiO_2 35.50 -99.85 % ;
 - b. Fe_2O_3 0.01 – 9.14 % ;
 - c. Al_2O_3 0.01 – 18.00 % ;
 - d. CaO 0.01 – 0.29 % .

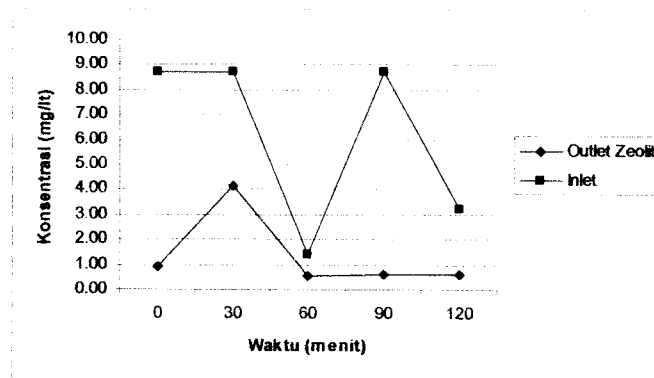
Percobaan II dengan media zeolit

Dengan perlakuan yang sama seperti telah dijelaskan pada percobaan I, Konsentrasi khrom yang berasal dari proses adsorpsi oleh zeolit akan disaring dengan menggunakan saringan pasir cepat. Dapat dilihat pada tabel 4.2 dari hasil analisis di laboratorium terjadi penurunan dari menit ke-0 sampai dengan menit ke-120. Penurunan konsentrasi khrom seperti telah dijelaskan diatas pada percobaan I.

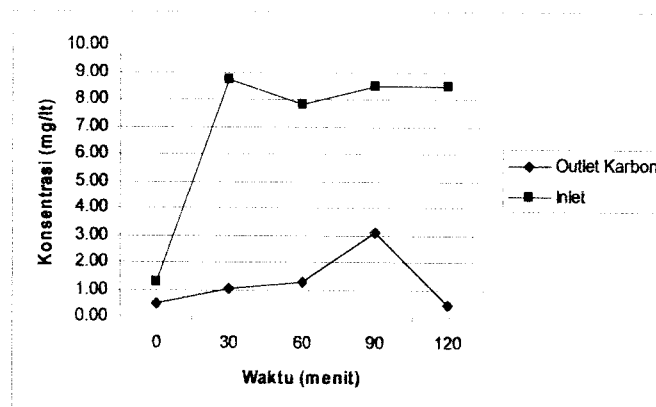
4.2. Perbandingan Efisiensi Karbon Aktif dan Zeolit

Tabel 4.3. Perbandingan Efisiensi Removal Karbon Aktif dan Zeolit

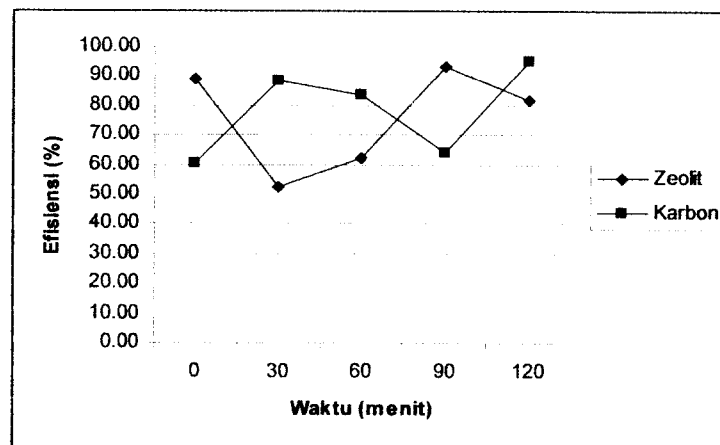
Menit	Inlet (mg/ltr)	Zeolit konsentrasi (mg/ltr)	efisiensi (%)	Inlet (mg/ltr)	Karbon Aktif konsentrasi (mg/ltr)	efisiensi (%)
0	8.71	0.94	89.21	1.26	0.50	60.32
30	8.71	4.14	52.54	8.74	1.03	88.26
60	1.43	0.54	62.13	7.79	1.30	83.28
90	8.71	0.58	93.32	8.50	3.07	63.87
120	3.21	0.59	81.62	8.50	0.41	95.15



Gambar 4.3. Hubungan konsentrasi inlet khrom total dengan outlet media adsorben (zeolit)



Gambar 4.4. Hubungan konsentrasi inlet khrom total dengan outlet media adsorben (karbon aktif)



Gambar 4.5. Perbandingan Efisiensi removal karbon aktif dan zeolit

4.3. Analisa Statistik

Data hasil penelitian dengan menggunakan reaktor aerokarbonfilter akan dilakukan uji statistik yaitu dengan analisa statistik. Perhitungan analisa statistik dapat dilihat pada lampiran III :

4.3.1. Analisa Statistik Konsentrasi Khrom Total

a) Data konsentrasi khrom total pada percobaan I

Dari perhitungan analisa statistik maka diperoleh data sebagai berikut :

$F_{hitung} \geq F_{tabel}$

$14.192 \geq 5,32$

Menyimpulkan

$F_{hitung} \geq F_{tabel}$ maka tolak H_0 artinya signifikan

b) Data konsentrasi khrom total pada percobaan II

Dari data hasil percobaan II untuk konsentrasi khrom total diperoleh :

$F_{hitung} \geq F_{tabel}$

$7.168 \geq 5,32$

Menyimpulkan

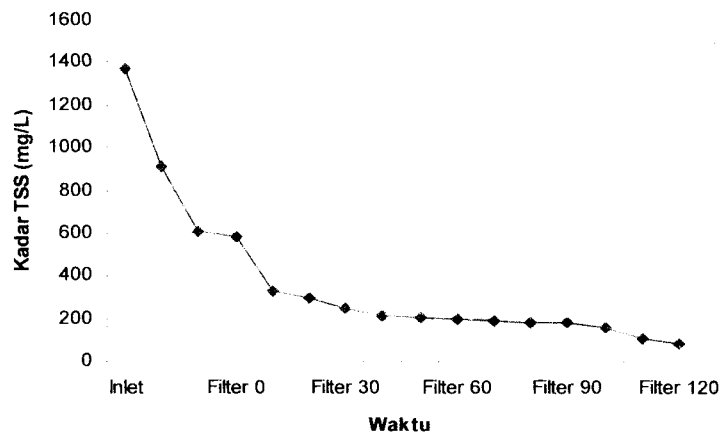
$F_{hitung} \geq F_{tabel}$ maka tolak H_0 artinya signifikan

Penurunan konsentrasi khrom total dari data hasil percobaan I dengan menggunakan arang aktif dan percobaan II dengan menggunakan pasir zeolit dilakukan analisa dengan menggunakan analisa anova. Pada percobaan I diperoleh nilai F_{hitung} 14.192 dan nilai F_{tabel} 5,32, sedangkan pada percobaan II diperoleh nilai F_{hitung} 7.168 dan nilai F_{tabel} 5,32. Dengan demikian dari kedua percobaan tersebut diperoleh $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ maka tolak H_0 artinya signifikan. Atau dengan kata lain terjadi penurunan konsentrasi khrom total yang signifikan antara inlet dengan outlet.

4.4. Penurunan TSS (*Total Suspended Solid*)

Tabel 4.4. Konsentrasi TSS Terhadap Waktu Pada Media Adsorben Karbon Aktif

MENIT		KADAR TSS (mg/L)
	INLET	1368
0	Aerasi	914
	Karbon	606
	Filter	580
30	Aerasi	330
	Karbon	292
	Filter	250
60	Aerasi	214
	Karbon	202
	Filter	200
90	Aerasi	192
	Karbon	182
	Filter	178
120	Aerasi	160
	Karbon	108
	Filter	80



Gambar 4.6. Grafik Hubungan Waktu Terhadap Konsentrasi TSS dengan Media Karbon Aktif

Berdasarkan grafik tersebut reaktor Aerokarbonfilter sangat efektif untuk menurunkan konsentrasi TSS. Zat padatan tersuspensi atau TSS merupakan bagian total zat padat sebesar 40% dalam keadaan terapung, yang dapat mengambang atau mengendap dan dapat membentuk tumpukan lumpur yang berbau bila dibuang. Beberapa zat padat tersuspensi yang terapung ini akan mengendap dengan cepat, tetapi yang berukuran koloid akan mengendap perlahan-lahan atau tidak sama kali. Zat padat dari industri penyamakan kulit berasal dari rambut atau bulu-bulu dari sisa-sisa bahan penyamakan (Linsley, 1986).

Padatan total (residu) adalah bahan yang tersisa setelah air sampel mengalami evaporasi dan pengeringan pada suhu tertentu (APHA, 1976). Residu dianggap sebagai kandungan total bahan terlarut dan tersuspensi dalam air. Selama penentuan residu ini, sebagian besar bikarbonat yang merupakan anion utama di perairan telah mengalami transformasi menjadi karbon dioksida dan gas-gas yang menghilang pada saat pemanasan tidak tercakup dalam nilai padatan

total (Boyd, 1988). Padatan yang di perairan diklasifikasikan berdasarkan ukuran diameter partikel, seperti yang ditunjukkan dalam tabel 4.3

Tabel 4.5. Klasifikasi Padatan di Perairan Berdasarkan Ukuran Diameter

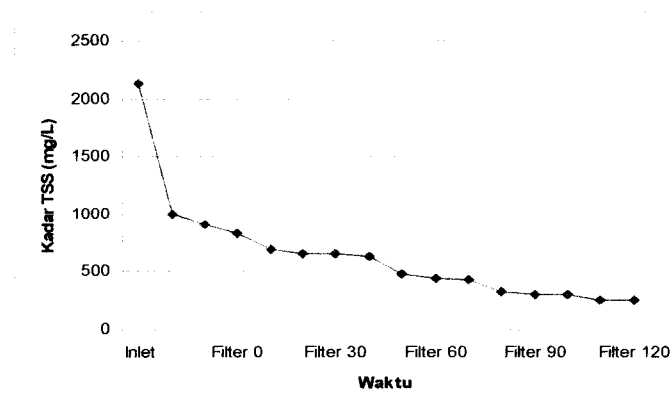
Klasifikasi Padatan	Ukuran Diameter (μm)	Ukuran Diameter (mm)
1. Padatan terlarut	$< 10^{-3}$	$< 10^{-6}$
2. Koloid	$10^{-3} - 1$	$10^{-6} - 10^{-3}$
3. Padatan tersuspensi	> 1	$> 10^{-6}$

Padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid* atau TSS) adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter $> 1 \mu m$) yang tertahan pada saringan *millipore* dengan diameter pori $0,45 \mu m$. TSS terdiri atas lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik.

Settleable solid adalah jumlah padatan tersuspensi yang dapat diendapkan selama periode waktu tertentu dalam wadah yang berbentuk kerucut terbalik (*imhoff cone*). Berdasarkan sifat volatilitas (penguapan) pada suhu $105^{\circ} C$, padatan tersuspensi dan terlarut dibedakan menjadi *volatile solids* dan *non volatile* atau *fixed solids*. *volatile solids* adalah bahan organik yang teroksidasi pada pemanasan $600^{\circ} C$, sedangkan *non volatile solids* adalah fraksi bahan anorganik yang tertinggal sebagai abu pada suhu tersebut (Rao, 1991).

Tabel 4.6. Konsentrasi TSS Terhadap Waktu Pada Media Adsorben zeolit

MENIT	INLET	KADAR TSS (mg/L)
		2130
0	Aerasi	1002
	Zeolit	908
	Filter	828
30	Aerasi	696
	Zeolit	660
	Filter	652
60	Aerasi	630
	Zeolit	476
	Filter	442
90	Aerasi	426
	Zeolit	324
	Filter	302
120	Aerasi	298
	Zeolit	258
	Filter	250

**Gambar 4.7.** grafik hubungan waktu terhadap konsentrasi TSS dengan media zeolit

Faktor yang menyebabkan terjadinya penurunan TSS yang terjadi pada tabel 4.6, pada aerasi menit ke-0, kemungkinan besar pada saat aerasi penurunan TSS dikarenakan partikel-partikel/molekul-molekul zat padat tersuspensi

melayang tertiuip angin (berat jenisnya lebih kecil dari larutan limbah cair penyamakan kulit).

4.4.1. Analisa Statistik Konsentrasi TSS (*Total Suspended Solid*)

a) Data konsentrasi TSS pada percobaan I

Dari perhitungan analisa statistik maka diperoleh data sebagai berikut :

$F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$

$18.34 \geq 4,05$

Menyimpulkan

$F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$ maka tolak H_0 artinya signifikan

b) Data konsentrasi TSS pada percobaan II

Dari data hasil percobaan II untuk konsentrasi TSS diperoleh :

$F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$

$16.17 \geq 4,05$

Menyimpulkan

$F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$ maka tolak H_0 artinya signifikan

Penurunan konsentrasi TSS dari data hasil percobaan I dengan menggunakan arang aktif dan percobaan II dengan menggunakan pasir zeolit dilakukan analisa dengan menggunakan analisa anova. Pada percobaan I diperoleh nilai F hitung 18.34 dan nilai F tabel 4,05, sedangkan pada percobaan II diperoleh nilai F hitung 16.17 dan nilai F tabel 4,05. Dengan demikian dari kedua percobaan tersebut diperoleh $F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$ maka tolak H_0 artinya signifikan. Atau dengan kata lain terjadi penurunan konsentrasi khrom total yang signifikan antara inlet dengan outlet.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dirumuskan beberapa kesimpulan antara lain, sebagai berikut :

1. Pada reaktor Aerokarbonfilter yang tersusun dari 3 susunan (aerasi, adsorpsi, dan filtrasi) mampu menurunkan konsentrasi khrom (Cr) total dan TSS (*Total Suspended Solid*) yang terdapat pada air buangan dari industri penyamakan kulit.
2. Efisiensi tertinggi dalam menurunkan Cr total terjadi pada adsorben jenis karbon aktif, dengan efisiensi 95,15% pada menit ke-120, dengan konsentrasi *inlet* tertinggi 8,74 mg/ltr menjadi 1,03mg/ltr pada outlet terajadi dimenit ke-30. Sedangkan pada adsorben jenis zeolit efisiensi tertinggi 93,32% pada menit ke-90, dengan *inlet* tertinggi 8,71 mg/ltr terjadi pada menit ke-0, 30,90, menjadi 0,940 mg/ltr, 4,136 mg/ltr, 0,582 mg/ltr. Kedua adsorben dalam menurunkan konsentrasi khrom (Cr) total tidak mengalami kenaikan pada *effluent*, penrunan konsentrasi khrom total kedua adsorben ini relatif konstan.
3. Penurunan yang terjadi pada parameter TSS pada adsorben karbon aktif maupun zeolit sangat efektif, pada menit ke-0, 30, 60, 90, dan 120 tidak mengalami kenaikan konsentrasi TSS.

5.2 Saran

Berdasarkan pada hasil penelitian yang telah dilakukan dan dari kesimpulan di atas maka perlu diajukan beberapa saran sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan lagi penelitian menggunakan reaktor aerokarbonfilter guna menurunkan kandungan pencemar air limbah dengan parameter selain Cr total dan TSS.
2. Perlu dilakukan lagi penelitian menggunakan reaktor aerokarbonfilter berdasarkan variasi diameter butiran dalam mencari efektifitas penyaringan.
3. Pengaktifan karbon aktif dan zeolit sangat dianjurkan guna memperoleh efisiensi yang lebih optimal dalam menurunkan Cr total dan TSS dalam air limbah.
4. Memperpanjang waktu pengoperasian reaktor aerokarbonfilter untuk mengetahui sampai sejauh mana tingkat kejenuhan media karbon aktif maupun zeolit.



DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, H, 1992, Kimia Unsur Dan Radiokimia, UI Press, Jakarta.
- Alaerts, G. dan S.S. Santika, 1984, "Metode Penelitian Air", Usaha Nasional, Surabaya, Indonesia
- Ali Masduqi dan Agus Slamet, 2002, "Satuan Operasi untuk Pengolahan Air", Jurusan Teknik Lingkungan, ITS, Surabaya.
- Al-Layla, M. Anis, 1978, "Water Supply Engineering Design", Ann Arbor Science Publishers.
- Alloy, Folochier, 1976, *Tannery and pollution*, Centre technique da cuir, France.
- Clifton Polter, Soeparwadi M., Gani Aulia, 1994, Sumber, Pengendalian dan Baku Mutu, Limbah Cair Berbagai Industri Di Indonesia.
- Darmono, 1995, "Logam dalam sistem biologi mahluk hidup" UI press.
- Darmono, 2001, "Lingkungan hidup dan pencemaran : hubungannya dengan toksikologi senyawa logam" UI press.
- Echols, J. M., Shadily, H., 1990, Kamus Inggris Indonesia, PT. Gramedia, Jakarta.
- Effendi, Hefni, 2003, "Telaah Kualitas Air", Kanisius, Yogyakarta.
- [http://apps5.oingo.com/apps/domainpark/result.cgi?karbon+aktif&acid=DOTS429](http://apps5.oingo.com/apps/domainpark/result.cgi?karbon+aktif&acid=DOTS429&url=http%3A%2F%2Fwarintek)
&url=http%3A%2F%2Fwarintek, www.warintek.net
- KRT Tjokrokusumo, 1995, "Pengantar Konsep Teknologi Bersih Khusus Pengelolaan dan Pengolahan Air", Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan YLH.

Met Calf and Eddy, 2003, "Wastewater Engineering Treatment and Reuse", Mc.
Graw Hill.

Mukono, H.J., 2000, " Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan" Airlangga
University Press, Surabaya

Palar. H, 1994, Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat, Rineke Cipta, Jakarta.
Penyaringan air langsung glek saja, Koleksi berita teknologi pengolahanair bersih
dan limbah cair, www.kelip.com

Purnomo. E, 1985, Teknologi Penyamakan Kulit, ATK, Yogyakarta

Soemirat, J.S., 1996, "Kesehatan Lingkungan " Gadjah Mada University Press,
Yogyakarta

Sugiharto, 1987, "Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah", Universitas Indonesia

Totok, C.S., dkk, 1991, " Teknologi Penyediaan Air Bersih", Rineka Cipta,
Jakarta

Untung Onny, 1995, "Menjernihkan Air Kotor", Puspa Swara, Jakarta

Wisnu Arya Wardana, 2001, "Dampak Pencemaran Lingkungan", ANDI,
Yogyakarta

[www. Yahoo.com/pengolahan](http://www.Yahoo.com/pengolahan) dan pemanfaatan industri penyamakan kulit, 2005

LAMPIRAN

UJI ANAVA PENURUNAN Cr TOTAL

➤ Tabel analisis ANAVA Cr Total pada Zeolit

Langkah 1

Ha : ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa kadar Cr inlet dan outlet

Ho : tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa kadar Cr inlet dan outlet

Langkah 3

Hasil kadar Cr				
No	A1	A2	$(A_1)^2$	$(A_2)^2$
1	8.714	0.940	75.934	0.884
2	8.714	4.136	75.934	17.106
3	1.426	0.540	2.033	0.292
4	8.714	0.582	75.934	0.339
5	3.210	0.590	10.304	0.348

Langkah 2

A1 = A2

A1 ≠ A2

Langkah 4

mencari jumlah kuadrat antar group (JKA)

57.552

Langkah 5

mencari derajat kebebasan antar group (dka)

$Dka = A - 1$

$2 - 1 = 1$

Langkah 6

mencari kuadrat rerata antar group (Kra)

57.552

Langkah 7

mencari jumlah kuadrat dalam antar group (JKD)

60.43504

Langkah 8

mencari derajat kebebasan dalam antar group (DKD)

$DKD = N - A$

$10 - 2 = 8$

Langkah 9
mencari kuadrat rerata dalam antar group (krd)

$$KRD = JKD/DKD \qquad 7.5544$$

Langkah 10
mencari nilai F hitung
F hitung = KRA/KRD

$$7.618$$

Langkah 11
menentukan kaidah pengujian

Statistik			
n		5	5
$\sum X$		30.778	6.788
$\sum X^2$		240.139	18.969
AVR X		6.156	1.358
$(\sum X)^2/n_{A1}$		189.457	9.215

Total (T)
10
37.566
259.107
7.513
198.672

Jika $F \geq F$ tabel, maka tolak H_0 artinya signifikan
Jika $F \leq F$ tabel, maka terima H_0 artinya tidak signifikan

Langkah 12
mencari F tabel

$$F \text{ tabel} = F (1 - \alpha) (dkA, dkD)$$

$$F \text{ tabel} = F (1 - 0,05) (1, 8)$$

$$F \text{ tabel} = F (0,95) (1, 8)$$

$$F \text{ tabel} = 5,32$$

Langkah 13
membandingkan F hitung dengan F tabel

$$F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$$

$$7.618 \geq 5,32$$

Langkah 14
 menyimpulkan
 $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ maka tolak H_0 artinya
 signifikan

➤ **Tabel analisis ANAVA Cr Total pada Karbon Aktif**

Langkah 1
 H_a : ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa kadar Cr inlet dan outlet
 H_0 : tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa kadar Cr inlet dan outlet

Langkah 3

Hasil kadar Cr				
No	A1	A2	$(A_1)^2$	$(A_2)^2$
1	1.260	0.500	1.588	0.250
2	8.740	1.026	76.380	1.053
3	7.786	1.302	60.653	1.695
4	8.498	3.070	72.216	9.425
5	8.498	0.412	72.216	0.170

Langkah 2

$A_1 = A_2$

$A_1 \neq A_2$

Langkah 4
 mencari jumlah kuadrat antar group (JKA)

81.077

Langkah 5
 mencari derajat kebebasan antar group (dkA)

$Dka = A - 1$

$2 - 1 = 1$

Langkah 6
 mencari kuadrat rerata antar group (k_{ra})

81.077

Langkah 7
 mencari jumlah kuadrat dalam antar group (JKD)

45.70412

Langkah 8
mencari derajat kebebasan dalam antar group (DKD)

$$DKD = N - A$$

$$10 - 2 = 8$$

Langkah 9
mencari kuadrat rerata dalam antar group (KRD)

$$KRD = JKD / DKD$$

$$5.7130$$

Langkah 10
mencari nilai F hitung
F hitung = KRA / KRD

$$14.192$$

Langkah 11
menentukan kaidah pengujian

Statistik				Total (T)
n		5	5	10
$\sum X$		34.784	6.310	41.094
$\sum X^2$		293.060	12.593	295.653
AVR X		6.957	1.262	8.219
$(\sum X)^2 / n_{AI}$		241.985	7.963	249.949

Jika $F \geq F$ tabel, maka tolak H_0 artinya signifikan
Jika $F \leq F$ tabel, maka terima H_0 artinya tidak signifikan

Langkah 12
mencari F tabel

$$F \text{ tabel} = F (1 - \alpha) (dkA, dkD)$$

$$F \text{ tabel} = F (1 - 0,05) (1, 8)$$

$$F \text{ tabel} = F (0,95) (1, 8)$$

$$F \text{ tabel} = 5,32$$

Langkah 13
membandingkan F hitung dengan F tabel

$F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$
 $14.192 \geq 5,32$

Langkah 14
menyimpulkan
 $F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$ maka tolak H_0 artinya
signifikan

UJI ANAVA PENURUNAN TSS (Total Suspended Solid)

➤ Karbon Aktif

Langkah 1

Ha : ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa kadar TSS inlet dan outlet

Ho : tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa kadar TSS inlet dan outlet

Langkah 2

A1 = A2

A1 ≠ A2

Langkah 3

Hasil kadar TSS				
No	A1	A2	$(A_1)^2$	$(A_2)^2$
1	1368	914	1871424	835396
2	1368	606	1871424	367236
3	1368	580	1871424	336400
4	1368	330	1871424	108900
5	1368	292	1871424	85264
6	1368	250	1871424	62500
7	1368	214	1871424	45796
8	1368	202	1871424	40804
9	1368	200	1871424	40000
10	1368	192	1871424	36864
11	1368	182	1871424	33124
12	1368	178	1871424	31684
13	1368	160	1871424	25600
14	1368	108	1871424	11664
15	1368	80	1871424	6400

Langkah 4

mencari jumlah kuadrat antar group (JKA)

5354688.000

Langkah 5

mencari derajat kebebasan antar group (dka)

Dka = A - 1

2 - 1 = 1

Langkah 6
mencari kuadrat rerata antar group (Kra)
5354688

Langkah 7
mencari jumlah kuadrat dalam antar group (JKD)
13433648

Langkah 8
mencari derajat kebebasan dalam antar group (DKD)

$$DKD = N - A$$

$$48 - 2 = 46$$

Langkah 9
mencari kuadrat rerata dalam antar group (krd)

$$KRD = JKD / DKD$$

$$292035.826$$

Langkah 10
mencari nilai F hitung
F hitung = KRA / KRD
18.34

Statistik			
n		24	24
$\sum X$		20520	4488
$\sum X^2$		28071360	2067632
$\Delta VR X$		855.000	187
$(\sum X)^2 / n_{A1}$		17544600	839256

Total (T)
48
25008
30138992
1042
18383856

Langkah 11
menentukan kaidah pengujian

Jika $F \geq F$ tabel, maka tolak H_0 artinya signifikan
Jika $F \leq F$ tabel, maka terima H_0 artinya tidak signifikan

Langkah 12
mencari F tabel

$$F \text{ tabel} = F (1 - \alpha) (dkA, dkD)$$

$$F \text{ tabel} = F (1 - 0,05) (1, 46)$$

$$F \text{ tabel} = F (0,95) (1, 46)$$

$$F \text{ tabel} = 4.05$$

Langkah 13

membandingkan F hitung dengan F tabel

$$F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$$

$$18.34 \geq 4.05$$

Langkah 14

menyimpulkan

F hitung \geq F tabel maka tolak Ho artinya signifikan

➤ Zeolit

Langkah 1

Ha : ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa kadar TSS inlet dan outlet

Ho : tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa kadar TSS inlet dan outlet

Langkah 2

$$A1 = A2$$

$$A1 \neq A2$$

Langkah 3

Hasil kadar TSS				
No	A1	A2	$(A_1)^2$	$(A_2)^2$
1	2130	1002	4536900	1004004
2	2130	908	4536900	824464
3	2130	828	4536900	685584
4	2130	696	4536900	484416
5	2130	660	4536900	435600
6	2130	652	4536900	425104
7	2130	630	4536900	396900
8	2130	476	4536900	226576
9	2130	442	4536900	195364
10	2130	426	4536900	181476
11	2130	324	4536900	104976
12	2130	302	4536900	91204
13	2130	298	4536900	88804
14	2130	258	4536900	66564
15	2130	250	4536900	62500

Langkah 4
mencari jumlah kuadrat antar group (JKA)

11798850.083

Langkah 5
mencari derajat kebebasan antar group (dka)

$$Dka = A - 1$$

$$2 - 1 = 1$$

Langkah 6
mencari kuadrat rerata antar group (Kra)

11798850.08

Langkah 7
mencari jumlah kuadrat dalam antar group (JKD)

33562561.17

Langkah 8
mencari derajat kebebasan dalam antar group (DKD)

$$DKD = N - A$$

$$48 - 2 = 46$$

Langkah 9
mencari kuadrat rerata dalam antar group (krd)

$$KRD = JKD / DKD$$

729620.895

Langkah 10
mencari nilai F hitung
F hitung = KRA / KRD

16.17

Statistik			
n		24	24
$\sum X$		31950	8152
$\sum X^2$		68053500	5273536
AVR X		1331.250	340
$(\sum X)^2 / n_{AI}$		42533438	2768963

Total (T)
48
40102
73327036
1671
45302400

Langkah 11

menentukan kaidah pengujian

Jika $F \geq F$ tabel, maka tolak H_0 artinya signifikan

Jika $F \leq F$ tabel, maka terima H_0 artinya tidak signifikan

Langkah 12

mencari F tabel

$$F \text{ tabel} = F (1 - \alpha) (dkA, dkD)$$

$$F \text{ tabel} = F (1 - 0,05) (1, 46)$$

$$F \text{ tabel} = F (0,95) (1, 46)$$

$$F \text{ tabel} = 4.05$$

Langkah 13

membandingkan F hitung dengan F tabel

$$F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$$

$$16.17 \geq 4.05$$

Langkah 14

menyimpulkan

$F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$ maka tolak H_0 artinya signifikan

**Air dan air limbah – Bagian 17: Cara uji krom total (Cr- T)
dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala**

1 Ruang lingkup

Metode ini digunakan untuk penentuan logam krom total, Cr-T dalam air dan air limbah secara spektrofotometri serapan atom (SSA) – nyala pada kisaran kadar Cr 0,2 mg/L sampai dengan 5,0 mg/L dan panjang gelombang 357,9 nm.

2 Acuan normatif

JIS K.0102.65.1.2002, *Testing methods for industrial wastewater.*

3 Istilah dan definisi

3.1

larutan induk logam krom, Cr

larutan yang mempunyai kadar logam krom, Cr 1000 mg/L yang digunakan untuk membuat larutan baku dengan kadar yang lebih rendah

3.2

larutan baku logam krom, Cr

larutan induk logam krom, Cr yang diencerkan dengan air suling sampai kadar tertentu

3.3

larutan kerja logam krom, Cr

larutan baku logam krom, Cr yang diencerkan, digunakan untuk membuat kurva kalibrasi dan mempunyai kisaran kadar Cr 0,0 mg/L; 0,2 mg/L; 0,5 mg/L; 1,0 mg/L; 2,0 mg/L; 3,0 mg/L; 4,0 mg/L dan 5,0 mg/L.

3.4

larutan blanko

air suling yang diasamkan atau perlakuannya sama dengan contoh uji

3.5

larutan pengencer

larutan yang digunakan untuk mengencerkan larutan kerja, yang dibuat dengan cara menambahkan asam nitrat pekat ke dalam air suling sampai pH 2

3.6

kurva kalibrasi

grafik yang menyatakan hubungan kadar larutan kerja dengan hasil pembacaan absorbansi masuk yang merupakan garis lurus

4 Cara Uji

4.1 Prinsip

Penambahan asam nitrat bertujuan untuk melarutkan analit logam dan menghilangkan zat pengganggu yang terdapat dalam contoh uji dalam air dan air limbah dengan bantuan pemanas listrik, kemudian diukur dengan SSA menggunakan gas asetilen, C_2H_2 .

4.2 Bahan

- a) air suling;
- b) asam nitrat, HNO_3 ;
- c) larutan standar logam krom, Cr, dan
- d) gas asetilen, C_2H_2 .

4.3 Peralatan

- a) SSA;
- b) lampu hollow katoda Cr;
- c) gelas piala 250 mL;
- d) pipet ukur 2 mL; 5 mL; 10 mL; 20 mL; 30 mL; 40 mL dan 50 mL;
- e) labu ukur 100 mL;
- f) corong gelas;
- g) erlenmeyer;
- h) pemanas listrik;
- i) kertas saring *whatman* 40, dengan ukuran pori θ 0.42 μm ; dan
- j) labu semprot.

4.4 Persiapan dan pengawetan contoh uji

Bila contoh uji tidak dapat segera dianalisa, maka contoh uji diawetkan dengan penambahan HNO_3 p sampai pH kurang dari 2 dengan waktu simpan maksimal 6 (enam) bulan.

4.5 Persiapan pengujian

4.5.1 Persiapan contoh uji

- a) Masukkan 100 mL contoh uji yang sudah dikocok sampai homogen kedalam gelas piala.
- b) Tambahkan 5 mL asam nitrat.
- c) Panaskan di pemanas listrik sampai larutan contoh uji hampir kering.
- d) Ditambahkan 50 mL air suling, masukan ke dalam labu ukur 100 mL melalui kertas saring dan ditepatkan 100 mL dengan air suling.

4.5.2 Pembuatan larutan baku logam krom, Cr 100 mg/L

- a) Pipet 10 mL larutan induk logam krom, Cr 1000 mg/L ke dalam labu ukur 100 mL.
- b) Tepatkan dengan larutan pengencer sampai tanda tera.

4.5.3 Pembuatan larutan baku logam krom, Cr 10 mg/L

- Pipet 50 mL larutan standar logam krom, Cr 100 mg/L ke dalam labu ukur 500 mL.
- Tepatkan dengan larutan pengencer sampai tanda tera.

4.5.4 Pembuatan larutan kerja logam krom

- Pipet 0 mL; 2 mL; 5 mL; 10 mL; 20 mL; 30 mL; 40 mL dan 50 mL larutan baku krom, Cr 10 mg/L masing-masing ke dalam labu ukur 100 mL.
- Tambahkan larutan pengencer sampai tepat tanda tera sehingga diperoleh konsentrasi logam besi 0,0 mg/L; 0,2 mg/L; 0,5 mg/L; 1,0 mg/L; 2,0 mg/L; 3,0 mg/L; 4,0 mg/L dan 5,0 mg/L.

4.6 Prosedur dan pembuatan kurva kalibrasi

- Optimalkan alat SSA sesuai petunjuk penggunaan alat.
- Ukur masing-masing larutan kerja yang telah dibuat pada panjang gelombang 357,9 nm.
- Kuat kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan garis regresi.
- Lanjutkan dengan pengukuran contoh uji yang sudah dipersiapkan.

4.7 Perhitungan

Konsentrasi logam krom total, Cr (mg/L) = $C \times fp$

dengan pengertian:

C adalah konsentrasi yang didapat hasil pengukuran (mg/L);
fp adalah faktor pengenceran.

Persen temu balik (% *recovery*, %)

$$\% R = \frac{A - B}{C} \times 100 \%$$

dengan pengertian:

A adalah kadar contoh uji yang di *spike*;

B adalah kadar contoh uji yang tidak di *spike*;

C adalah kadar standar yang diperoleh (*target value*).

5 Jaminan mutu dan pengendalian mutu

5.1 Jaminan mutu

- Gunakan bahan kimia berkualitas murni (pa).
- Gunakan alat gelas bebas kontaminasi.
- Gunakan alat ukur yang terkalibrasi.
- Dikerjakan oleh analis yang kompeten.
- Lakukan analisis dalam jangka waktu yang tidak melampaui waktu penyimpanan maksimum.

5.2 Pengendalian mutu

- a) Koefisiensi korelasi (r) lebih besar atau sama dengan 0,95 dengan intersepsi lebih kecil atau sama dengan batas deteksi.
- b) Lakukan analisis blanko untuk kontrol kontaminasi.
- c) Lakukan analisis duplo untuk kontrol ketelitian analisis.
- d) Jika koefisiensi variasi/standard deviasi relatif hasil pengukuran lebih besar atau sama dengan 10% maka dilakukan pengukuran ketiga.

6 Rekomendasi

Kontrol akurasi

- a) Analisis *blind sample*.
- b) Untuk kontrol gangguan matriks lakukan analisis *spike matrix* kisaran persen temu balik adalah 85% sampai dengan 115%.
- c) Buat kurva kendali (*control chart*) untuk akurasi analisis.

Air dan air limbah- Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid, TSS*) secara gravimetri

1 Ruang lingkup

Metode ini digunakan untuk menentukan residu tersuspensi yang terdapat dalam contoh uji air dan air limbah secara gravimetri. Metode ini tidak termasuk penentuan bahan yang mengapung, padatan yang mudah menguap dan dekomposisi garam mineral.

2 Istilah dan definisi

2.1

padatan tersuspensi total (TSS)

residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2 μ m atau lebih besar dari ukuran partikel koloid

3 Cara uji

3.1 Prinsip

Contoh uji yang telah homogen disaring dengan kertas saring yang telah ditimbang. Residu yang tertahan pada saringan dikeringkan sampai mencapai berat konstan pada suhu 103°C sampai dengan 105°C. Kenaikan berat saringan mewakili padatan tersuspensi total (TSS). Jika padatan tersuspensi menghambat saringan dan memperlama penyaringan, diameter pori-pori saringan perlu diperbesar atau mengurangi volume contoh uji. Untuk memperoleh estimasi TSS, dihitung perbedaan antara padatan terlarut total dan padatan total.

3.2 Bahan

a) Kertas saring (*glass-fiber filter*) dengan beberapa jenis:

- 1) Whatman Grade 934 AH, dengan ukuran pori (*Particle Retention*) 1,5 μ m (*Standar for TSS in water analysis*).
- 2) Gelman type A/E, dengan ukuran pori (*Particle Retention*) 1,0 μ m (*Standar filter for TSS/TDS testing in sanitary water analysis procedures*).
- 3) E-D Scientific Specialities grade 161 (VWR brand grade 161) dengan ukuran pori (*Particle Retention*) 1,1 μ m (*Recommended for use in TSS/TDS testing in water and wastewater*).
- 4) Saringan dengan ukuran pori 0,45 μ m.

b) Air suling.

3.3 Peralatan

- a) desikator yang berisi silika gel;
- b) oven, untuk pengoperasian pada suhu 103°C sampai dengan 105°C;
- c) timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 mg;
- d) pengaduk magnetik;
- e) pipet volum;

SNI 06-6989.3-2004

- f) gelas ukur;
- g) cawan aluminium;
- h) cawan porselen/cawan *Gooch*;
- i) penjepit;
- j) kaca arloji; dan
- k) pompa vacum.

3.4 Persiapan dan pengawetan contoh uji

3.4.1 Persiapan contoh uji

Gunakan wadah gelas atau botol plastik polietilen atau yang setara.

3.4.2 Pengawetan contoh

Awetkan contoh uji pada suhu 4°C, untuk meminimalkan dekomposisi mikrobiologikal terhadap padatan. Contoh uji sebaiknya disimpan tidak lebih dari 24 jam.

3.4.3 Pengurangan gangguan

- a) Pisahkan partikel besar yang mengapung.
- b) Residu yang berlebihan dalam saringan dapat mengering membentuk kerak dan menjebak air, untuk itu batasi contoh uji agar tidak menghasilkan residu lebih dari 200 mg.
- c) Untuk contoh uji yang mengandung padatan terlarut tinggi, bilas residu yang menempel dalam kertas saring untuk memastikan zat yang terlarut telah benar-benar dihilangkan.
- d) Hindari melakukan penyaringan yang lebih lama, sebab untuk mencegah penyumbatan oleh zat koloidal yang terperangkap pada saringan.

3.5 Persiapan pengujian

3.5.1 Persiapan kertas saring atau cawan *Gooch*

- a) Letakkan kertas saring pada peralatan filtrasi. Pasang vakum dan wadah pencuci dengan air suling berlebih 20 mL. Lanjutkan penyedotan untuk menghilangkan semua sisa air, matikan vakum, dan hentikan pencucian.
- b) Pindahkan kertas saring dari peralatan filtrasi ke wadah timbang aluminium. Jika digunakan cawan *Gooch* dapat langsung dikeringkan..
- c) Keringkan dalam oven pada suhu 103°C sampai dengan 105°C selama 1 jam, dinginkan dalam desikator kemudian timbang.
- d) Ulangi langkah pada butir c) sampai diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg.

3.6 Prosedur

- a) Lakukan penyaringan dengan peralatan vakum. Basahi saringan dengan sedikit air suling.
- b) Aduk contoh uji dengan pengaduk magnetik untuk memperoleh contoh uji yang lebih homogen.
- c) Pipet contoh uji dengan volume tertentu, pada waktu contoh diaduk dengan pengaduk magnetik

- d) Cuci kertas saring atau saringan dengan 3 x 10 mL air suling, biarkan kering sempurna, dan lanjutkan penyaringan dengan vakum selama 3 menit agar diperoleh penyaringan sempurna. Contoh uji dengan padatan terlarut yang tinggi memerlukan pencucian tambahan.
- e) Pindahkan kertas saring secara hati-hati dari peralatan penyaring dan pindahkan ke wadah timbang aluminium sebagai penyangga. Jika digunakan cawan Gooch pindahkan cawan dari rangkaian alatnya.
- f) Keringkan dalam oven setidaknya selama 1 jam pada suhu 103°C sampai dengan 105°C, dinginkan dalam desikator untuk menyeimbangkan suhu dan timbang.
- g) Ulangi tahapan pengeringan, pendinginan dalam desikator, dan lakukan penimbangan sampai diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg.

CATATAN 1 Jika filtrasi sempurna membutuhkan waktu lebih dari 10 menit, perbesar diameter kertas saring atau kurangi volume contoh uji.

CATATAN 2 Ukur volume contoh uji yang menghasilkan berat kering residu 2,5 mg sampai dengan 200 mg. Jika volume yang disaring tidak memenuhi hasil minimum, perbesar volume contoh uji sampai 1000 mL.

3.7 Perhitungan

$$\text{mg TSS per liter} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji, mL}}$$

dengan pengertian:

- A adalah berat kertas saring + residu kering, mg;
 B adalah berat kertas saring, mg.

4 Jaminan mutu dan pengendalian mutu

4.1 Jaminan mutu

- a) Gunakan alat gelas bebas kontaminasi.
- a) Gunakan alat ukur yang terkalibrasi.
- b) Dikerjakan oleh analis yang kompeten.
- c) Lakukan analisis dalam jangka waktu yang tidak melampaui waktu simpan maksimum 24 jam

4.2 Pengendalian mutu

- a) Lakukan analisis blanko untuk kontrol kontaminasi.
- b) Lakukan analisis duplo untuk kontrol ketelitian analisis. Perbedaan persen relatif (*Relative Percent Different* atau RPD) terhadap dua penentuan (replikasi) adalah di bawah 5%, dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{RPD} = \frac{(X_1 - X_2)}{(X_1 + X_2) / 2} \times 100 \%$$

dengan pengertian:

- X₁ adalah kandungan padatan tersuspensi pada penentuan pertama;

SNI 06-6989.3-2004

X_2 adalah kandungan padatan tersuspensi pada penentuan ke dua.

Bila nilai RPD lebih besar 5%, penentuan ini harus diulang

5 Rekomendasi

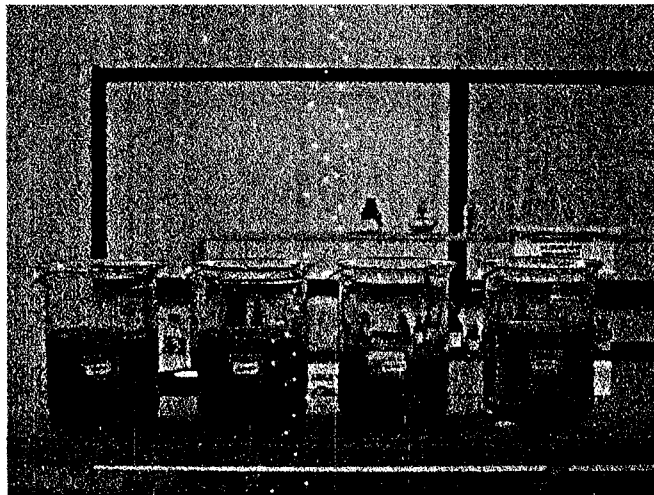
Cantumkan jenis atau ukuran saringan/pori kertas saring yang digunakan.

LAMPIRAN

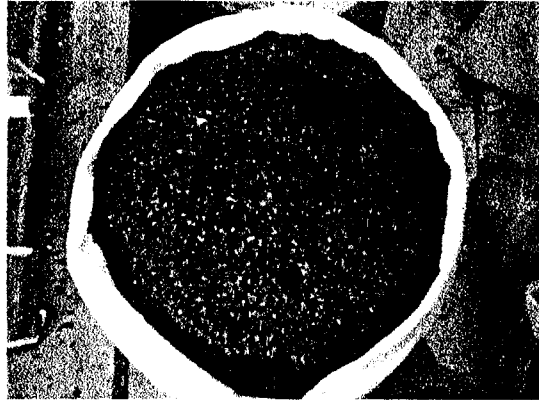
DOKUMENTASI PENELITIAN



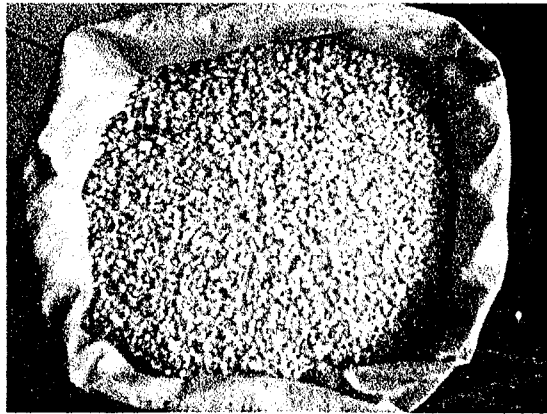
Reaktor Aerokarbonfilter



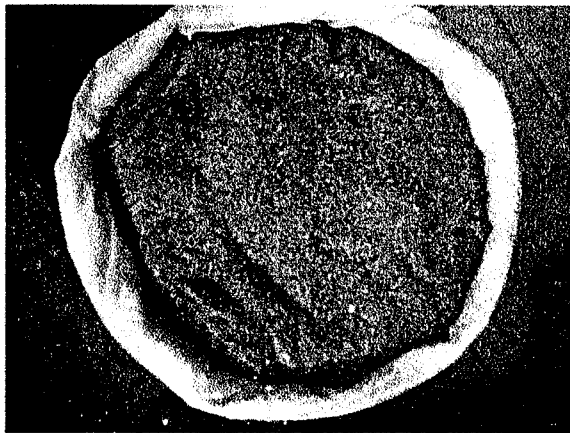
air limbah yang telah melalui reaktor aerokarbonfilter



Karbon Aktif



Pasir Zeolit



Pasir Kuarsa