
LAPORAN KEMAJUAN
PROGRAM HIBAH DOSEN PEMULA
TAHUN ANGGARAN 2014/205



Judul

Penurunan Kadar *Krom* (Cr) Limbah Cair Menggunakan *Zeolite* dan Karbon Aktif

Laila Febrina, ST, MSi (03021027404)

Linda Noviana, Dra,MSi (0305116602)

**UNIVERSITAS SAHID JAKARTA
NOVEMBER 2015**

LAPORAN KEMAJUAN
PROGRAM HIBAH DOSEN PEMULA
TAHUN ANGGARAN 2014/205



Judul

Penurunan Kadar *Krom* (Cr) Limbah Cair Menggunakan *Zeolite* dan Karbon Aktif

Laila Febrina, ST, MSi (03021027404)

Linda Noviana, Dra,MSi (0305116602)

**UNIVERSITAS SAHID JAKARTA
NOVEMBER 2015**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : PENURUNAN KADAR KROM (Cr) LIMBAH CAIRMENGGUNAKAN ZEOLITE DAN KARBON AKTIF

Peneliti/Pelaksana
Nama Lengkap : LAILA FEBRINA ST,.M.Si
Perguruan Tinggi : Universitas Sahid
NIDN : 0321027404
Jabatan Fungsional : Tidak Punya
Program Studi : Teknik Lingkungan
Nomor HP : 08129428903
Alamat surel (e-mail) : laila_febrina@yahoo.com

Anggota (1)
Nama Lengkap : LINDA NOVIANA
NIDN : 0305116602
Perguruan Tinggi : Universitas Sahid
Institusi Mitra (jika ada) : -
Nama Institusi Mitra : -
Alamat : -
Penanggung Jawab : -
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 1 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 14.000.000,00
Biaya Keseluruhan : Rp 13.303.500,00

Mengetahui,
Dekan



(Ir. Sri Lisa Susanty, MSi)
NIP/NIK 19930225

Jakarta , 11 - 11 - 2015
Ketua,

A handwritten signature in black ink.

(LAILA FEBRINA ST,.M.Si)
NIP/NIK 19960306

Menyetujui,
Kepala LPPM



(Dr. Ir. Kholil, MKom)
NIP/NIK 19880045

RINGKASAN

Kegiatan pengujian di laboratorium yang cukup padat dapat menghasilkan volume air limbah yang banyak pula. Karakteristik air limbah laboratorium dapat dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Beragam bahan kimia berbahaya digunakan dalam kegiatan pengujian di laboratorium. Salah satu pengujian yang dilakukan adalah pengujian kandungan COD dalam air limbah. Pengujian ini berpotensi menghasilkan limbah kromium, sehingga perlu dikaji proses penanganan limbah kromium agar tidak mencemari lingkungan. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51/MENLH/10/1995 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, batas maksimal Cr total yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah 0,5 mg/L

Pengamatan dilakukan terhadap limbah hasil analisis COD. Pengolahan limbah cair tersebut dilakukan dengan proses absorpsi dengan membandingkan antara dua buah absorben yaitu arang aktif dan *zeolit*. Adapun berat absorben yang digunakan bervariasi yaitu 3 gram, 7 gram dan 10 gram dengan waktu pengadukan yang berbeda-beda yaitu 60 menit, 90 menit dan 120 menit. Kemudian hasil pengadukan tersebut disaring dan dilakukan pengukuran Krom menggunakan spektrofotometer serapan atom (AAS).

Hasil pengukuran kandungan Cr menunjukkan bahwa karbon aktif efisien pada berat 7 gram dan waktu serapan 90 menit dengan nilai kapasitas dan efisiensi adsorpsi sebesar 0,43 mg/l dan 99,37% sementara zeolit efisien pada berat 10 gram dan waktu serapan 120 menit dengan nilai kapasitas dan efisiensi adsorpsi sebesar 0,47 mg/l dan 99,32 %. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif efisien pada berat 7 gram dan waktu serapan 90 menit dengan nilai kapasitas dan efisiensi adsorpsi sebesar 0,43 mg/l dan 99,37% sementara zeolit efisien pada berat 10 gram dan waktu serapan 120 menit dengan nilai kapasitas dan efisiensi adsorpsi sebesar 0,47 mg/l dan 99,32 %.

Kata Kunci : kromium, Arang Aktif, *Zeolite*

PRAKATA

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa karena atas Rahmat dan perkenan-Nya maka penelitian “Penurunan Kadar Krom limbah cair menggunakan zeolite dan karbon aktif “ dapat dilaksanakan. Hasil laporan akhir ini didasari dari kegiatan pengujian di laboratorium yang cukup padat yang dapat menghasilkan volume air limbah yang banyak pula salah satunya adalah limbah cair hasil pengujian COD yang mengandung Krom.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi langkah awal yang dapat dilakukan guna pengelolaan limbah cair laboratorium dalam rangka meminimalkan kadar logam berat. Sehingga logam yang terbuang ke lingkungan dapat memenuhi baku mutu lingkungan yang dipersyaratkan. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51/MENLH/10/1995 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, batas maksimal Cr total yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah 0,5 mg/L.

Tentunya tak ada gading yang tak retak, demikian pula dengan penelitian ini. Saran dan masukkannya sangat peneliti nantikan. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi peneliti dan pengelola limbah laboratorium pada umumnya.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUNG	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
RINGKASAN	iii
PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.4 Hipotesis Penelitian	3
2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Lingkungan.....	4
2.2. Pencemaran Lingkungan	4
2.3. COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>).....	5
2.4. <i>Kromium</i>	6
2.5. <i>Zeolite</i>	20
2.6. Karbon Aktif.....	21
3. TINJAUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.....	14
3.1. Tujuan Penelitian.....	14
3.2. Manfaat Penelitian.....	14
4. METODE PENELITIAN.....	15
4.1. Pendekatan Penelitian.....	15
4.2. Variabel Penelitian	16
4.3. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	16
4.4. Teknik Pengumpulan Data	16
4.5. Peralatan dan Bahan Penelitian.....	16
4.6. Prosedur Penelitian.....	17
4.7. Pengolahan Data	21
5. HASIL YANG DICAPAI	23
5.1. Pengambilan Sampel	24
5.2. Hasil Uji Pengaruh Berat Terhadap Kapasitas Serapan	27
5.3. Pengaruh Waktu Terhadap Kapasitas Serapan.....	31
6. KESIMPULAN DAN SARAN	38
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1	Waktu Sampling Limbah	23
Tabel 5.2	Hasil pengujian penyerapan Cr oleh Karbon aktif terhadap perbedaan berat	26
Tabel 5.3	Penyelesaian RAL Karbon aktif terhadap berat.....	28
Tabel 5.4	Hasil pengujian penyerapan Cr oleh Zeolit terhadap perbedaan berat	29
Tabel 5.5	Penyelesaian RAL Zeolit Terhadap Berat	31
Tabel 5.6	Hasil Pengujian Penyerapan Cr Oleh Karbon Aktif Terhadap Perbedaan Waktu Serapan	32
Tabel 5.7	Penyelesaian RAL Karbon Aktif Terhadap Waktu.....	34
Tabel 5.8	Hasil pengujian penyerapan Cr oleh Zeolit Terhadap Perbedaan waktu serapan	34
Tabel 5.9	Penyelesaian RAL Zeolit Terhadap Waktu Serapan.....	36
Tabel 5.10	Spesifikasi Bahan Adsorpsi	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Zeolit	12
Gambar 2.2	Karbon Aktif	13
Gambar 4.1	Bagan Alir Penelitian	15
Gambar 4.2	Rancangan Penelitian	20
Gambar 5.1	Sampel Limbah Analisis COD	23
Gambar 5.2	Limbah Setelah Penetralan pH	24
Gambar 5.3	Penyaringan Setelah Pengadukan Dengan Karbon Aktif	25
Gambar 5.4	Grafik Hubungan Kadar Cr Terhadap Karbon Aktif Dengan Perbedaan Berat	27
Gambar 5.5	Grafik Efisiensi Cr Terhadap Karbon Aktif Dengan Perbedaan Berat	27
Gambar 5.6	Penyaringan setelah pengadukan dengan zeolit	28
Gambar 5.7	Grafik Hubungan Kadar Cr Terhadap Zeolit Dengan Perbedaan Berat	30
Gambar 5.8	Grafik Efisiensi Cr Terhadap Zeolit Dengan Perbedaan Berat	30
Gambar 5.9	Grafik Hubungan Kadar Cr Terhadap Karbon Aktif Dengan Perbedaan Waktu	33
Gambar 5.10	Grafik Efisiensi Cr Terhadap Karbon Aktif Dengan Perbedaan Waktu	35
Gambar 5.11	Grafik Hubungan Kadar Cr Terhadap Zeolit Dengan Perbedaan Waktu	36
Gambar 5.12	Grafik Efisiensi Cr Terhadap Zeolit Dengan Perbedaan Berat	27

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Penelitian Penyerapan Cr Dengan Karbon Aktif Dan Zeolit

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kegiatan pengujian di laboratorium yang cukup padat dapat menghasilkan volume air limbah yang banyak pula. Karakteristik air limbah laboratorium dapat dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Sebagian besar unsur-unsur yang berbahaya yang terdapat dalam air limbah laboratorium adalah logam berat seperti Besi (Fe), Mangan (Mn), *Krom* (Cr), dan Merkuri (Hg). Selain itu terdapat juga zat padat terlarut (TDS), Amoniak (NH_3) dan Nitrit (NO_2) dan tentu saja pengaruh derajat keasaman (pH). Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.85 Tahun 1999, bahwa unsur-unsur di atas merupakan senyawa yang tergolong Bahan Berbahaya dan Beracun. Dengan demikian perlu dilakukan penanganan air limbah laboratorium dengan serius agar tidak mencemari lingkungan (Said, 2009)

Salah satu pencemar yang harus diperhatikan dalam pengelolaan lingkungan adalah logam berat. Pembuangan limbah terkontaminasi oleh logam berat ke dalam sumber air bersih (air tanah atau air permukaan) menjadi masalah utama pencemaran karena sifat toksik dan sulit terurai secara biologis (*nonbiodegradable*). Contoh limbah logam berat berbahaya yang adalah limbah analisis COD rutin yang biasa dilakukan di laboratorium. Akibat dari penggunaan berbagai bahan kimia dalam analisa tersebut limbah yang dihasilkan bersifat sangat asam dan mengandung logam berat Hg, Ag, dan Cr dalam konsentrasi tinggi. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51/MENLH/10/1995 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, batas maksimal Cr total yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah 0,5 mg/L. Kandungan Cr yang melebihi baku mutu menjadi alasan utama dilakukannya penelitian ini.

Penelitian ini diharapkan memperoleh cara sederhana yang efektif untuk menyisihkan logam berat terlarut *krom* (Cr) dari limbah cair laboratorium dengan metode adsorpsi dengan karbon aktif ataupun dengan *zeolit*, mencakup kondisi proses, tingkat penyisihan dan kualitas hasil olahan yang dapat dicapai. Informasi dari penelitian ini dapat bermanfaat dalam penanganan awal sebelum pengelolaan limbah cair laboratorium lebih lanjut

Pada penelitian ini digunakan karbon aktif dan zeolit sebagai bahan pengolahan karena karbon aktif atau biasa disebut arang aktif dapat berasal dari hewan, tumbuh-tumbuhan, limbah ataupun mineral yang mengandung karbon dapat dibuat menjadi arang aktif, bahan tersebut antara lain: tulang, kayu lunak, sekam, tongkol jagung, tempurung kelapa, sabut kelapa, ampas penggilingan tebu, ampas pembuatan kertas, serbuk gergaji, kayu keras dan batubara. Selain itu karbon aktif juga digunakan sebagai bahan dalam membantu kegiatan analisa dalam laboratorium. Sedangkan zeolit merupakan salah satu pilihan lain senyawa pengabsorb selain karbon aktif yang mudah di dapat di alam sebagai bahan pembanding pengolahan.

1.2 Perumusan Masalah

Limbah krom (Cr) yang dihasilkan dari laboratorium analisis COD termasuk dalam kategori limbah B3. Karena itu dalam pengelolaannya, limbah yang mengandung B3 harus diserahkan kepada pihak ke tiga. Biaya yang harus dikeluarkan perusahaan pun cukup besar untuk pengelolaan limbah B3 tersebut. Guna mengurangi kandungan limbah B3 terutama kadar krom dalam limbah cair maka dilakukanlah penelitian ini yang bertujuan untuk melakukan penurunan kandungan krom dalam limbah cair hasil analisis COD. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51/MENLH/10/1995 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, batas maksimal Cr total yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah 0,5 mg/L.. Limbah cair hasil analisis COD tentunya berpotensi menghasilkan kadar krom yang tinggi berdasarkan reagen yang digunakan untuk analisis tersebut. Berdasarkan permasalahan tersebut maka

peneliti tertarik untuk membahasnya dalam penelitiannya dengan beberapa pertanyaan:

1. Berapa besarnya kandungan krom dalam limbah analisis COD di laboratorium?
2. Berapa besar efektifitas penurunan kadar krom (Cr) dalam limbah analisis COD di laboratorium menggunakan zeolit dan karbon aktif?
3. Manakah yang lebih efektif untuk menurunkan kadar Krom (Cr) melalui pengolahan dengan zeolit dibandingkan dengan karbon aktif?

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah:

1. Pengukuran kandungan krom dalam limbah hasil analisis COD sebelum diolah dan setelah diolah.
2. Variabel yang ingin diketahui pengaruhnya terhadap efektifitas penurunan krom yaitu bobot serta waktu penyerapan dari dua buah absorben (karbon aktif dan zeolit)

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah :

1. Pengukuran kandungan krom dalam limbah hasil analisis COD sebelum diolah.
2. Variabel yang ingin diketahui pengaruhnya terhadap efisiensi krom yaitu besarnya bobot Karbon Aktif dan Zeolit dan waktu penyerapan.
3. Proses pengolahan limbah cair hasil analisis COD dengan metode adsorpsi.

1.4 Hipotesis Penelitian

Adapun hipotesis dalam penelitian ini adalah :

H_0 : Tidak berbeda nyata terhadap berat dan lama waktu serapan bahan adsorpsi

H_1 : Ada perbedaan nyata terhadap berat dan lama waktu serapan bahan adsorpsi

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Lingkungan.

Menurut Undang Undang No. 32 Tahun 2009, lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perlakuannya, yang mempengaruhi alam itu sendiri, kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain. Sedangkan ruang lingkup lingkungan hidup Indonesia meliputi ruang, tempat Negara Kesatuan Republik Indonesia yang berbatasan Nusantara dalam melaksanakan kedaulatan, hak berdaulat, dan yurisdiksinya. Dalam lingkungan hidup terdapat ekosistem, yaitu tatanan unsur lingkungan hidup yang merupakan kesatuan utuh menyeluruh dan saling mempengaruhi dalam membentuk keseimbangan, stabilitas, dan produktivitas lingkungan hidup.

2.2. Pencemaran Lingkungan

Pencemaran atau polusi adalah suatu kondisi yang telah berubah dari bentuk asal pada keadaan yang lebih buruk. Penggeseran bentuk tatanan dari kondisi asal pada kondisi yang lebih buruk ini dapat terjadi sebagai akibat masukan dari bahan-bahan pencemar atau polutan. Bahan polutan tersebut pada umumnya mempunyai sifat racun (*toksik*) yang berbahaya bagi organisme hidup. Toksisitas atau daya racun dari polutan itulah yang kemudian menjadi pemicu terjadinya pencemaran (Palar,2004). Menurut Mason mengelompokkan pencemar toksik menjadi lima sebagai berikut :

- a. Logam (*Metal*), meliputi *lead* (timbal), nikel, kadmium, *zinc*, *copper*, *krom* dan merkuri. Logam berat diartikan sebagai logam dengan nomor atom >20 , tidak termasuk logam alkali, alkali tanah, lantanida dan aktanida.
- b. Senyawa organik, meliputi pestisida organoklorin, herbisida, PCB, hidrokarbon alifatik berklor, pelarut (*solvent*), surfaktan rantai lurus, hidrokarbon *petroleum*, aromatik polinuklir, dibenzodioksin berklor,

senyawa organometalik, fenol dan formaldehida. Senyawa ini berasal dari kegiatan industri, pertanian dan domestik.

- c. Gas, misalnya klorin dan amonia.
- d. Anion, misalnya sianida, fluorida, sulfida dan sulfat.
- e. Asam dan alkali.

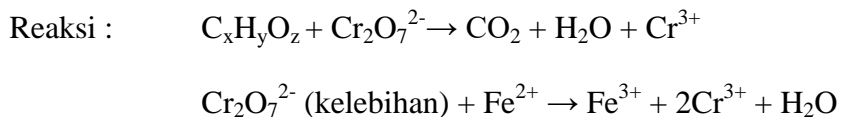
Pencemaran air dapat mengurangi jumlah air bersih untuk keperluan sehari-hari. Zat buangan tersebut akan dirombak oleh bakteri menjadi nutrien atau substansi lain yang tidak membahayakan lagi bagi hewan, tumbuhan dan makhluk hidup lainnya. Tetapi sayangnya kemampuan bakteri ini memiliki keterbatasan. Hal ini disebut juga daya dukung air. Apabila jumlah buangan yang ada dalam suatu perairan melebihi kapasitas atau kemampuan penguraiannya, maka tidak semua buangan dapat terurai dan sisanya inilah yang akan menjadi zat pencemar dalam perairan tersebut.

Pengolahan air limbah secara kimia biasanya dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap. Jenis partikel tersebut antara lain koloid, logam-logam berat, senyawa fosfor, dan senyawa organik beracun. Pengolahan dilakukan dengan cara membubuhkan bahan kimia tertentu yang dapat menghasilkan partikel berukuran lebih besar. Pengendapan bahan tersuspensi yang tidak mudah larut dilakukan dengan membubuhkan zat elektrolit yang bermuatan berlawanan dengan zat koloidnya. Ketika zat elektrolit bertemu dengan zat koloid akan terjadi reaksi netralisasi muatan koloid membentuk senyawa berukuran lebih besar sehingga pengendapan dapat terjadi (Anonim, 2006).

2.3. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen (mg O_2) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 liter sampel air, dimana pengoksidasi $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*). Prinsip kerja COD adalah oksidasi zat organik dengan kalium dikromat berlebih dan perak sulfat dalam asam sulfat mendidih. Jumlah kalium dikromat

yang tidak tereduksi selama reaksi oksidasi ditetapkan dengan cara titrimetri dengan larutan baku *ferro amonium sulfat* (FAS) dan indikator feroin. Gangguan klorida dapat dihilangkan dengan penambahan raksa sulfat (HgSO₄).



2.4. Kromium

Kromium merupakan logam transisi yang penting, senyawanya berupa senyawa kompleks yang memiliki berbagai warna yang menarik, berkilau, titik lebur pada suhu yang tinggi serta tahan terhadap perubahan cuaca (Poedji, 2009). Selain itu pelapisan logam dengan kromium menghasilkan paduan logam yang indah, keras, dan melindungi logam lain dari korosi. Sifat-sifat kromium inilah yang menyebabkan logam ini banyak digunakan dalam industri elektroplating, penyamakan kulit, cat tekstil, fotografi, pigmen (zat warna), besi baja, dan industri kimia.

Dilain pihak logam kromium ini juga dapat menimbulkan kerugian bagi lingkungan tanah, udara, dan terutama lingkungan air yang sangat vital bagi kehidupan manusia apabila tidak dikendalikan dengan baik (Darmono, 1995). Air yang mengandung ion *krom* (III) akan menimbulkan masalah karena ion logam ini dapat berubah menjadi ion krom yang bervalensi enam (heksavalen) yang bersifat *toksik* (racun), karena jika terakumulasi dalam tubuh dapat menyebabkan kanker dan perubahan genetik. Hal ini dapat terjadi karena krom dapat merusak sel-sel di dalam tubuh (Poedji, 2009).

Kromium (Cr) termasuk unsur yang jarang ditemukan di perairan alami. Kerak bumi mengandung kromium sekitar 100 mg/kg (Effendi, 2003). Kromium yang ditemukan di perairan adalah kromium trivalen (Cr³⁺) dan kromium heksavalen (Cr⁶⁺), namun pada perairan yang memiliki pH lebih dari 5 kromium trivalen tidak ditemukan. Apabila masuk ke perairan, kromium trivalen akan teroksidasi menjadi kromium heksavalen yang lebih toksik. Kromium trivalen

biasanya terserap dalam partikulat, sedangkan kromium heksavalen tetap berada dalam bentuk larutan.

Kadar kromium maksimum yang diperkenankan untuk kepentingan air minum adalah 0,05 mg/l. Kadar kromium pada perairan tawar biasanya kurang dari 0,001 mg/l dan pada perairan laut sekitar 0,00005 mg/l. Kromium trivalen biasanya tidak ditemukan pada perairan air tawar, sedangkan pada perairan laut sekitar 50% kromium pada perairan tivalen (Effendi, 2003).

Garam-garam kromium yang masuk ke dalam tubuh manusia akan segera dikeluarkan oleh tubuh. Akan tetapi, jika kadar kromium tersebut cukup besar akan mengakibatkan kerusakan pada sistem pencernaan. Kadar kromium yang diperkenankan pada air minum adalah 0,05 mg/l (Effendi, 2003). Toksisitas kromium dipengaruhi oleh bentuk oksidasi kromium, suhu dan pH. Kadar kromium yang diperkirakan aman bagi kehidupan akuatik adalah sekitar 0,05 mg/l (Effendi, 2003). Kadar kromium 0,1 mg/l dianggap berbahaya bagi kehidupan organisme laut.

2.4.1 Pengolahan Limbah Krom

Ada beberapa cara pengolahan limbah industri yang mengandung krom agar tidak mencemari lingkungan diantaranya (Widarisman, 1990):

1. Pengolahan Air Buangan

Hingga saat ini metode umum pengolahan limbah krom (VI) adalah dengan reduksi, mengingat sampai saat ini krom (III) dianggap lebih aman terhadap lingkungan dibandingkan dengan krom (VI). Beberapa cara pengolahan yang telah dilaksanakan adalah sebagai berikut:

a. Reduksi krom (VI) dengan bahan kimia.

Teknik reduksi standar yang bias dilakukan adalah memberi suasana asam (pH 2,0 sampai 3,0) pada limbah dengan menggunakan asam sulfat dan mengubah keadaan krom (VI) menjadi krom (III) dengan menggunakan reduktor seperti belerang dioksida, natrium bisulfit, natrium meta bisulfit, natrium hidrosulfit atau ferro sulfat. Proses reduksi bergantung pada waktu, pH dan konsentrasi serta jenis

reduktor yang digunakan. Kemudian proses selanjutnya adalah pengendapan krom sebagai hidroksida (Widarisman, 1990).

b. Reduksi krom (VI) secara elektrokimia

Pada prinsipnya reduksi secara elektrokimia menggunakan elektroda besi, pengaliran arus searah (direct current/DC) pada elektroda akan menghasilkan ion ferro pada anoda dan ion hidroksida pada katoda. Ferro hidroksida yang terbentuk akan mereduksi krom (VI) menjadi krom (III). Proses ini berjalan baik pada pH 6,0 sampai 9,0. Setelah tereduksi menjadi krom (III) maka selanjutnya krom ini diendapkan sebagai krom hidroksida (Widarisman, 1990).

c. Pengendapan krom (III) sebagai hidroksida

Pengolahan ini biasanya digunakan pada industri yang limbahnya berupa krom (III) seperti pada industri penyamakan kulit, tekstil dan lain-lain ataupun pada industri yang limbahnya berupa krom (VI) tetapi telah mengalami proses pengolahan secara reduksi menjadi krom (III). Pada teknologi ini limbah cair yang mengandung krom (III) ditambahkan dengan hidroksida kalsium (Ca) atau kalium (K) maka krom tersebut akan terendapkan sebagai $\text{Cr}(\text{OH})_3$.

Proses ini efektif pada pH 6,5 sampai 9,5 dan proses pengendapan yang lebih sempurna membutuhkan waktu sampai beberapa jam. Agar pengendapan lebih cepat lagi dapat ditambahkan tawas. Setelah proses pengendapan ini makan air buangan dapat dibuang ke lingkungan (Widarisman, 1990).

d. Penukaran ion (*ion exchange*)

Proses penukaran ion ini dapat diterapkan pada limbah yang mengandung krom (VI) maupun krom (III). Dimana penukaran kation (*cation exchange*) dapat digunakan pada krom (III) sedangkan penukaran ion anion (*anion exchange*) dapat digunakan untuk kromat dan dikromat. Penukaran ion pada dasarnya adalah bahwa gugus kromat dapat ditukar dengan gugus klorida, sulfat atau hidroksida dengan menggunakan resin tertentu. Penukaran ion merupakan suatu cara pertukaran siklus balik antara media padatan pada penukaran ion dan bahan

terlarut. Bahan terlarut yang dimaksud disini adalah krom. Agar kapasitas penukaran efektif, maka penukaran ion harus mengandung anion atau kation, tidak larut dalam air dan mempunyai daya serap tinggi. Keuntungan dari cara ini adalah proses pelaksanaannya mudah, sederhana dan secara simultan diharapkan dapat terjadi penurunan kadar logam-logam lain seperti *Arsen* dan lain-lain yang berbahaya. Selain itu cara penukaran ion lebih hemat biaya dan aman terhadap lingkungan, karena kromat bisa didapat kembali, resin yang digunakan dapat diregenerasi kembali dan tidak menghasilkan lumpur krom yang harus di tangani lebih lanjut serta air yang dihasilkan dapat digunakan kembali.

e. Adsorpsi dengan lumpur aktif dan karbon aktif.

Cara adsorpsi dengan karbon aktif cukup baik untuk pengolahan limbah mengandung krom. Efektifitanya dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti konsentrasi krom, jumlah dan jenis karbon aktif, pH dan waktu kontak. Pada sebuah uji coba ternyata krom dengan konsentrasi 0,09 – 0,19 mg/l dapat dikurangi hingga 0,04 mg/l atau lebih berkurang lagi. Sedangkan cara pengolahan krom dengan menggunakan lumpur aktif telah diteliti dan mempunyai efektifitas yang cukup tinggi hingga 83 %.

2. Daur Ulang Atau Sirkulasi

Cara daur ulang atau sirkulasi sudah banyak dilakukan oleh industri pengguna krom di Indonesia, seperti misalnya air pendingin dengan menggunakan sistem seperti misalnya air pendingin dan menggunakan sistem sirkulasi ulang (*recirculation*). Walaupun demikian tidak semuanya habis disirkulasi, masih ada sebagian kecil yang harus dibuang sabagai *blowdown*. Daur ulang juga dilakukan pada industri pelapisan logam, dengan cara ini selain penghematan juga mengurangi jumlah limbah.

3. Pemanfaatan Untuk Industri Lain

Pemanfaatan buangan yang mengandung krom untuk industri lain sampai saat ini masih terus dalam penelitian. Pemanfaatan yang diperkirakan mempunyai

prospek cukup baik adalah buangan krom dari industri elektroplating (pelapisan logam) sebagai bahan pewarna keramik. Selain itu buangan krom yang berasal dari *blowdown cooling tower* dan telah mengalami proses reduksi juga mempunyai prospek yang cukup baik untuk digunakan sebagai bahan penyamak kulit pada industri penyamakan kulit.

2.4.2. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan peristiwa terakumulasinya partikel pada permukaan (Atkins, 1994). Partikel yang terakumulasi dan diserap oleh permukaan disebut adsorbat dan material tempat terjadinya adsorpsi disebut adsorben (Wijayanti, 2009). Adsorben yang terbuat dari materialbiomassa umum disebut sebagai biosorben. Ukuran pori dan luas permukaan adsorben merupakan hal yang sangat penting dalam adsorpsi (Retnowati, 2005). Perbesaran luas permukaan adsorben dapat dilakukan dengan pengecilan partikelnya. Adsorpsi molekul zat terlarut dari larutan oleh permukaan padatan biasanya hanya membentuk monolayer. Pembentukan multilayer pada adsorpsi semacam ini sangat jarang ditemukan. Adsorben polar cenderung mengadsorpsi adsorbat polar secara kuat, dan mengadsorpsi adsorbat non polar secara lemah. Sebaliknya, adsorben non polar cenderung untuk mengadsorpsi secara kuat adsorbat non polar dan mengadsorpsi adsorbat polar secara lemah (Bird, 1993).

Dibandingkan dengan metode-metode yang lain, adsorpsi merupakan metode yang paling banyak digunakan karena metode ini aman, tidak memberikan efek samping yang membahayakan kesehatan, tidak memerlukan peralatan yang rumit dan mahal, mudah pengerjaannya dan dapat di daur ulang (Erdawati, 2008). Dewasa ini telah banyak pula dikembangkan teknologi aplikasi adsorpsi menggunakan bahan biomaterial untuk menurunkan kadar logam berat dari perairan (biosorpsi). Biosorpsi logam terjadi karena kompleksitas ion logam yang bermuatan positif dengan pusat aktif yang bermuatan negatif pada permukaan dinding sel atau dalam polimer-polimer ekstraseluler, seperti protein dan polisakarida sebagai sumber gugus fungsi yang berperan penting dalam mengikat ion logam (Volesky,2000).

Proses adsorpsi terdiri atas dua jenis, yaitu adsorpsi kimia (kimisorpsi) dan fisika (fisisorpsi). Pada adsorpsi kimia, suatu molekul menempel ke permukaan melalui pembentukan ikatan kimia. Sementara itu dalam adsorpsi fisika, adsorbat menempel pada permukaan melalui interaksi antarmolekul yang lemah. Faktor-faktor yang memengaruhi proses adsorpsi antara lain sifat fisik dan kimia adsorben seperti luas permukaan, ukuran partikel, dan komposisi kimia. Semakin kecil ukuran partikel, maka semakin besar luas permukaan padatan per satuan volume tertentu, sehingga akan semakin banyak zat yang diadsorpsi. Faktor lainnya adalah sifat fisis dan kimia adsorbat, seperti ukuran molekul dan komposisi kimia, serta konsentrasi adsorbat dalam fase cairan (Atkins 1999).

2.5 Zeolit

Nama zeolit ini berasal dari bahasa Yunani yaitu *Zeni* dan *Lithos* yang berarti batu yang mendidih, karena apabila dipanaskan membuih dan mengeluarkan air (Breck, 1974 dalam Lefond, 1983). Rumus umum zeolit, ialah $M_xD_y[Al_x+2ySi_{x+2y}O_{2n}].mH_2O$, dengan :

M : K⁺, Na⁺, atau kation monovalen lainnya; D : Mg²⁺, Ca²⁺, atau kation bivalen lainnya; x, y : bilangan tertentu; n : bilangan tertentu; m : jumlah mol kristal air.

Berdasarkan asalnya zeolit dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu zeolit alam dan zeolit sintetis.

a. Zeolit alam.

Pada umumnya, zeolit dibentuk oleh reaksi dari air pori dengan berbagai material seperti gelas, poorly crystalline clay, plagioklas, ataupun silika. Bentuk zeolit mengandung perbandingan yang besar dari M^{2+} dan H^+ pada Na^+ , K^+ dan Ca^{2+} . Pembentukan zeolit alam ini tergantung pada komposisi dari batuan induk, temperatur, tekanan, tekanan parsial dari air, pH dan aktifitas dari ion-ion tertentu.

b. Zeolit sintetis.

Mineral zeolit sintetis yang dibuat tidak dapat persis sama dengan mineral zeolit alam. Beberapa ahli menamakan zeolit sintetis sama dengan nama mineral zeolit

alam dengan menambahkan kata sintetis di belakangnya, dalam dunia perdagangan muncul nama zeolit sintetis seperti zeolit A, zeolit K-C dll. Zeolit sintetis terbentuk ketika gel yang ada terkristalisasi pada temperatur dari temperatur kamar sampai dengan 200 °C pada tekanan atmosferik ataupun autogenous.

Sehubungan dengan lingkungan pembentukannya, zeolit yang terbentuk pada lingkungan laut banyak mengandung kation natrium, sedangkan zeolit yang ditemukan di lingkungan vulkanik banyak mengandung kalium. Zeolit lampung termasuk jenis zeolit yang banyak mengandung ion kalium (Suwardi 2002). Zeolit sintetis dibuat dari bahan lain dengan proses sintesis sehingga menyerupai zeolit yang ada di alam. Zeolit sintetis di antaranya dikembangkan sebagai alternatif pengolahan limbah (Esmaeili *et al.* 2005).



Gambar 2.1. Zeolite

2.6. Karbon Aktif

Arang aktif atau karbon aktif adalah suatu bahan padat berpori yang merupakan hasil pembakaran bahan yang mengandung karbon. Arang aktif merupakan suatu bentuk arang yang telah melalui aktivasi dengan menggunakan gas CO₂, uap air, atau bahan-bahan kimia sehingga pori-porinya terbuka dan dengan demikian daya adsorpsinya menjadi lebih tinggi terhadap zat warna dan bau. Arang aktif mengandung 5-15% air, 2-3% abu, dan sisanya adalah karbon. Arang aktif berbentuk amorf, terdiri atas pelat-pelat datar, disusun oleh atom-atom C yang terikat secara kovalen dalam suatu kisi heksagonal datar dengan satu atom

C pada setiap sudutnya. Pelat tersebut bertumpuk-tumpuk satu sama lain membentuk kristal dengan sisa hidrokarbon, dan senyawa organik lain yang tersisa di dalamnya (Tangkuman 2006).

Arang aktif berbentuk kristal berukuran mikro, karbon non grafit, yang pori-porinyatelah mengalami proses pengembangan kemampuan untuk menyerap gas dan uap dari campuran gas dan zat-zat yang tidak larut atau terdispersi dalam cairan. Sembiring dan Sinaga (2003) menyatakan bahwa arang aktif merupakan senyawa karbon berbentuk amorf yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang luas. Luas permukaan arang aktif berkisar antara 300-3500 m^2/gram dan hal ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan arang aktif bersifat sebagai adsorben.



Gambar 2.2. Karbon Aktif

Arang aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu (adsorbsinya bersifat selektif) tergantung pada besar atau volume pori-pori, dan luas permukaan. Daya serap arang aktif sangat besar, yaitu 25-1000% terhadap berat arang aktif. (Villacarias 2005). Gugus kompleks oksigen yang terletak di permukaan membuat permukaan karbon aktif menjadi reaktif secara kimiawi dan menentukan sifat adsorpsinya seperti hidrofilik, keasaman dan potensial negatif (Setiadi 1999).

BAB 3.

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan khusus dalam penelitian ini yaitu :

1. Mengukur besarnya kandungan Krom dalam limbah cair hasil analisis COD di laboratorium.
2. Seberapa jauh kemampuan karbon aktif dan zeolit dalam pengolahan sederhana awal limbah hasil analisis COD sehingga dapat menurunkan kadar krom (Cr) tanpa mengirim hasil limbah ke pihak ketiga untuk diolah kembali.
3. Menentukan efektifitas bahan adsorpsi menggunakan zeolit dengan karbon aktif dalam penurunan kadar krom (Cr) dalam limbah analisis COD di laboratorium.

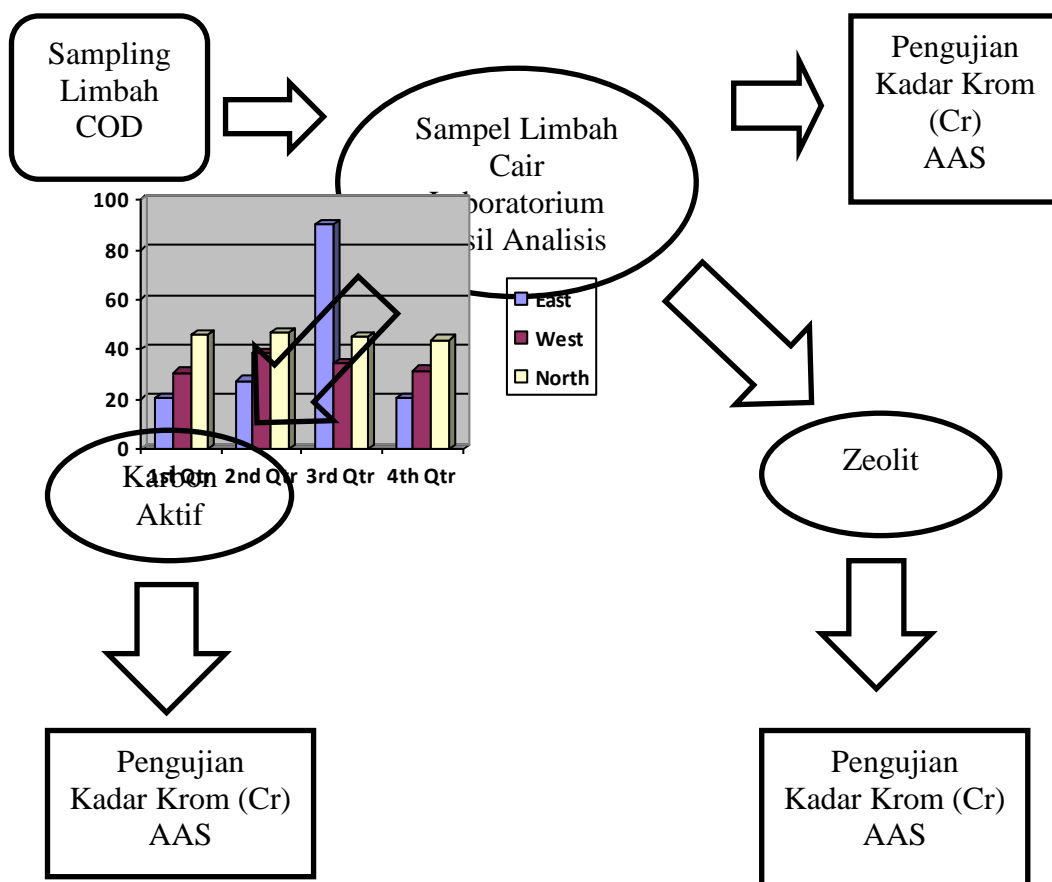
3.2. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah mengetahui kandungan absorben yang efektif guna menurunkan kandungan Krom (Cr) dalam limbah cair. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu laboratorium jasa untuk mengolah sendiri limbah cair yang mengandung krom tersebut sebelum diserahkan kepada pihak ke tiga, sehingga diharapkan dapat menekan biaya pengeluaran pengelolaan limbah B3 kepada pihak ke tiga.

BAB 4 METODE PENELITIAN

4.1 Pendekatan Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan rancangan percobaan. Bagan alir tahapan penelitian adalah sebagai berikut :



Gambar 4.1. Bagan Alir Penelitian

Limbah hasil analisis COD yang mengandung krom ditampung, kemudian diuji kadar krom awalnya, setelah itu dilakukan penyisihan kadar krom menggunakan karbon aktif dibandingkan penyisihan kadar krom menggunakan zeolit.

4.2 Variabel Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah limbah laboratorium hasil analisis COD yang mengandung krom. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis absorben (Zeolit dan Arang Aktif), berat absorben (1,3,7,10,15 g) dan waktu (15, 30, 60, 90 120 menit) terhadap penyisihan kandungan krom.

4.3 Waktu dan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di laboratorium jasa yang berlokasi di JL.Ciledug Raya No.10 Cipulir Kebayoran Lama, Jakarta Selatan. Pelaksanaan penelitian dilakukan mulai pada bulan Maret 2015.

4.4. Teknik Pengumpulan Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini adalah data primer. Pengumpulan data primer dilakukan dengan cara melakukan pengujian terhadap kadar krom terhadap limbah yang dihasilkan dari suatu laboratorium jasa yang menganalisis COD serta kadar krom setelah diproses menggunakan zeolit dan arang aktif

4.5. Peralatan dan Bahan Penelitian

4.5.1 Peralatan Penelitian

1. Gelas piala (beacker glass) 1 L
2. Botol sample
3. Pipet
4. Neraca alaitik
5. Pengaduk magnetik
6. Tabung nessler
7. Corong
8. Stopwatch
9. Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) *Shimadzu AA-6300*

4.5.2 Bahan Penelitian

1. Limbah hasil analisis COD
2. Karbon aktif
3. Zeolit
4. Kertas saring

4.6 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap antara lain :

4.6.1. Preparasi dan perlakuan awal sampel.

Pengambilan sampel limbah hasil analisis COD dilakukan secara acak di pagi hari (jam 9), siang (jam 12), dan sore hari (jam 15). Pengambilan sampel di bedakan berdasarkan waktu produksi limbah yang dihasilkan. Dalam satu jam limbah yang di hasilkan rata-rata ± 150 ml, dan itu berlangsung terus menerus di tiap jamnya. Pengambilan di 3 waktu yang berbeda dapat mewakili di tiap 3 jam waktu produksi limbah dalam satu hari jam kerja. Sampel limbah tersebut di kumpulkan di satu wadah piala gelas 1L. Sebelum sampel limbah diolah dilakukan pengukuran kadar Krom terlebih dahulu dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS). Limbah sebelum diolah dilakukan penetralan pH hingga pH 7.

4.5.2 Pengaruh berat Absorben terhadap kapasitas serapan.

Absorben yang digunakan pada penelitian ini ada dua jenis yaitu, karbon aktif dan zeolite.

a) Serapan Karbon Aktif

Diambil sebanyak 50 ml sampel limbah untuk masing-masing perlakuan, kemudian ditambahkan karbon aktif dengan berbagai variasi berat karbon aktif yaitu 1,3,7,10, dan 15 gram. Setelah itu dilakukan pengadukan menggunakan pengaduk magnetik dengan waktu pengadukan selama 15 menit. Lalu dilanjutkan dengan proses penyaringan dengan kertas saring whatman 42, kemudian hasil

saringan diukur dengan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS). Dari berbagai variasi berat karbon aktif, dipilih satu variasi berat karbon aktif yang optimum menurunkan kadar krom.

b) Serapan Zeolit

Diambil sebanyak 50 ml sampel limbah, kemudian ditambahkan zeolit dari berbagai variasi berat penimbangan yaitu dari 1,3,7,10 dan 15 gram. Dilakukan pengadukan menggunakan pengaduk magnetik dengan waktu pengadukan selama 15 jam. Dilakukan penyaringan dengan kertas saring whatman 42, kemudian hasil saringan diukur dengan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS). Dari berbagai variasi berat zeolite, dipilih satu variasi berat zeolite yang optimum menurunkan kadar krom

4.5.3.Pengaruh waktu terhadap kapasitas serapan.

a) Serapan Karbon Aktif

Sebanyak 50 ml sampel limbah ditambahkan karbon aktif sebanyak berat optimum, lakukan pengadukan dengan menggunakan pengaduk magnetik. Pengadukan dilakukan dengan waktu yang berbeda-beda, selama,15,30,60,90 dan 120 menit. Kemudian dilakukan penyaringan dengan menggunakan kertas saring Whatman 42. Hasil saringan siap diukur dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS).

b) Serapan Zeolit

Sebanyak 50 ml sampel limbah ditambahkan zeolit sebanyak berat optimum, lakukan pengadukan dengan menggunakan pengaduk magnetik. Pengadukan dilakukan dengan waktu yang berbeda-beda, selama15,30,60,90 dan 120 menit. Kemudian lakukan penyaringan dengan menggunakan kertas saring Whatman 42. Hasil saringan siap diukur dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS).

Hasil pengukuran kandungan Cr dianalisa dengan menggunakan analisa ragam untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan, serta dilanjutkan dengan pemilihan perlakuan terbaik dari masing-masing kombinasi perlakuan.

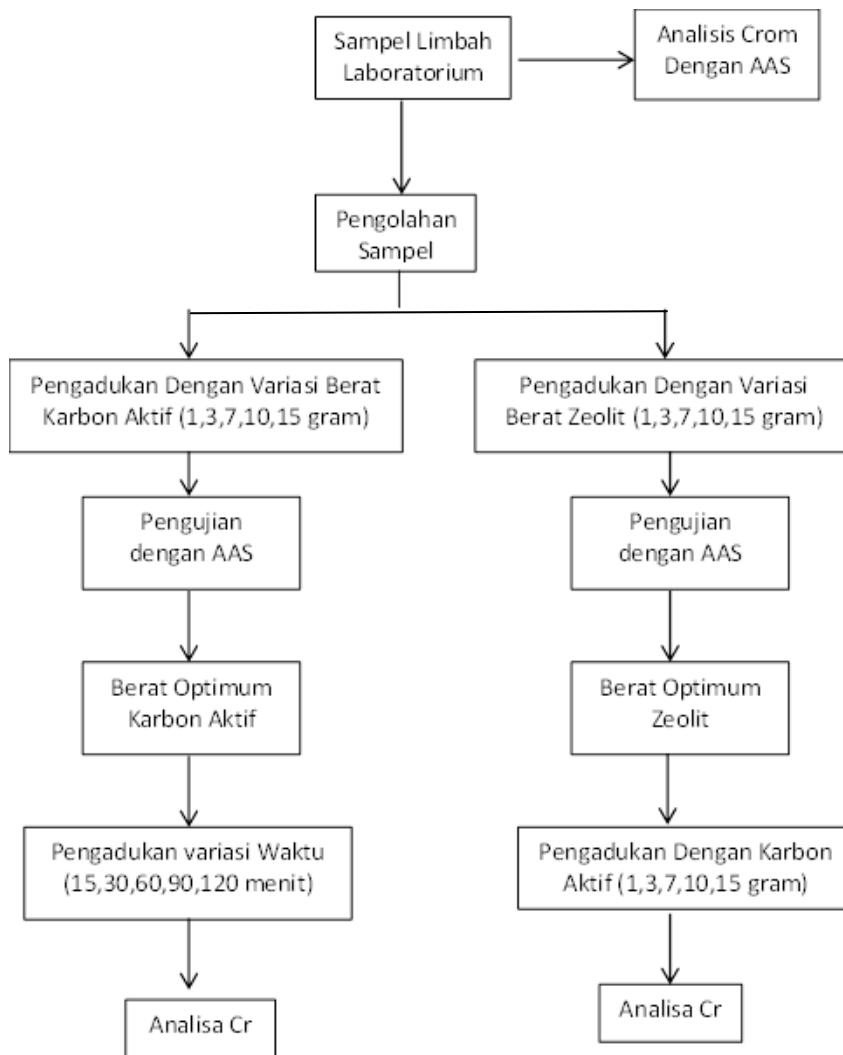
Nilai efektivitas digunakan untuk mengetahui penurunan kadar krom dari proses penelitian yang telah dilakukan.

$$\text{Nilai penurunan kadar krom} = \frac{S_0 - S_n}{S_0} \times 100\%$$

Keterangan :

S_0 = Kadar Krom awal

S_n = Kadar Krom akhir



Gambar 4.2. Rancangan Penelitian

4.7. Pengolahan Data

Persen efisiensi pada penurunan konsentrasi Cr dalam pengolahan limbah COD didapatkan dari hasil perhitungan, kemudian dianalisis menggunakan metode statistik Rancangan Acak Lengkap (RAL). RAL yang digunakan dalam penelitian ini berpola faktorial 1x5 dengan 3 kali ulangan. Percobaan dilakukan sebanyak 2 kali, yaitu percobaan berdasarkan perbedaan bobot dan percobaan berdasarkan perbedaan waktu serapan. Perlakuan berdasarkan perbedaan bobot terdiri dari bobot 1, 3, 7, 10 dan 15 gram. Sedangkan berdasarkan perbedaan waktu serapan terdiri dari waktu 15, 30, 60, 90 dan 120 menit. Berdasarkan persamaan umum rancangan percobaan, karena hanya terdapat 5 perlakuan yang tersedia, maka model yang cocok adalah model tetap. Model tersebut adalah sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, 3, 4, 5 \text{ dan } j = 1, 2, 3$$

Dengan:

Y_{ij} = Konsentrasi parameter dari ulangan ke-j yang memperoleh perlakuan ke-i

μ = Nilai rata-rata umum sebenarnya

τ_i = Pengaruh perlakuan ke-i

ε_{ij} = pengaruh acak pada ulangan ke-j yang memperoleh perlakuan ke-i

Untuk mengetahui adanya pengaruh dari lama waktu pada konsentrasi setiap parameter yang terukur, maka dilakukan analisis keragaman (ANOVA).

Analisis keragaman menggunakan kriteria uji sebagai berikut:

- a. Jika nilai uji F hitung lebih kecil dan F tabel maka H_0 diterima atau perlakuan tidak memberikan pengaruh pada suatu selang kepercayaan.
- b. Jika nilai uji F hitung lebih besar dari F tabel maka H_0 ditolak atau perlakuan memberikan pengaruh pada suatu selang kepercayaan.

Selanjutnya untuk mengetahui perbandingan rata-rata pada konsentrasi setiap parameter yang terukur, maka dilakukan metode Fisher's LSD. Kesimpulan yang dibuat pada metode ini adalah sebagai berikut:

$$\begin{array}{l} \text{Jika } |\mu_i - \mu_j| \\ \rightarrow \begin{array}{l} > \text{LSD}_{0,05} \quad (\text{Tolak } H_0, \text{ kedua rata - rata berbeda nyata}) \\ \leq \text{LSD}_{0,05} \quad (\text{Tolak } H_0, \text{ kedua rata - rata tidak berbeda nyata}) \end{array} \end{array}$$

BAB 5 HASIL YANG DICAPAI

5.1 Pengambilan Sampel

Pada penelitian ini jenis sampel yang digunakan adalah sampel limbah sisa hasil analisis COD di laboratorium yang dihasilkan setiap harinya saat kegiatan laboratorium. Untuk mewakili semua sampel yang dihasilkan sampel limbah diambil pada waktu yang berbeda dalam satu hari yaitu pada pagi hari yaitu pada pukul 09.00 WIB, siang hari pada pukul 12.00 WIB, dan terakhir pada sore hari pada pukul 15.00 WIB. Selanjutnya sampel tersebut dicampur dalam satu wadah dan di homogenkan. Berikut Tabel 5.1 sampling sampel limbah :

Tabel 5.1. Waktu Sampling Limbah

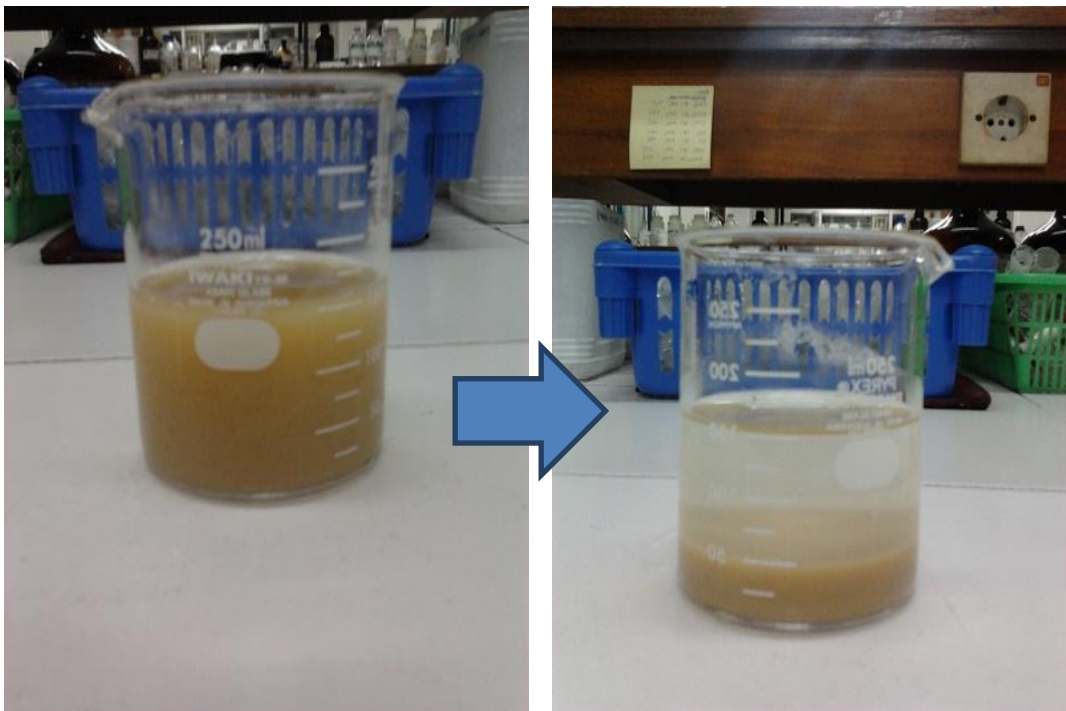
No	Waktu Sampling	Jumlah Sampel
1	09.00 WIB	1 L
2	12.00 WIB	1 L
3	15.00 WIB	1 L

Gambar 5.1 sampel limbah analisis COD yang dilakukan sampling di 3 waktu yang berbeda dan telah di satu wadahkan.



Gambar 5.1. Sampel limbah analisis COD

Sampel limbah COD tersebut dihomogenkan disatu wadah, kemudian limbah tersebut sebelumnya dikondisikan pH netral yaitu pH 7, dari pH awal bersifat sangat asam, karena kondisi asam pada limbah ini berasal dari asam H_2SO_4 yang bersifat mengawetkan senyawa organik bukan sebagai pelarut logam dan juga untuk menghindari terjadinya kerusakan pada alat pengukuran. Limbah setelah dinetralkan dapat dilihat pada gambar 5.2. Terdapat endapan pada limbah setelah penetralan pH dan kemudian dilakukan penyaringan dan hasil saringan ambil sebagai sampel limbah yang akan diolah lebih lanjut dengan menggunakan zeolit dan karbon aktif.



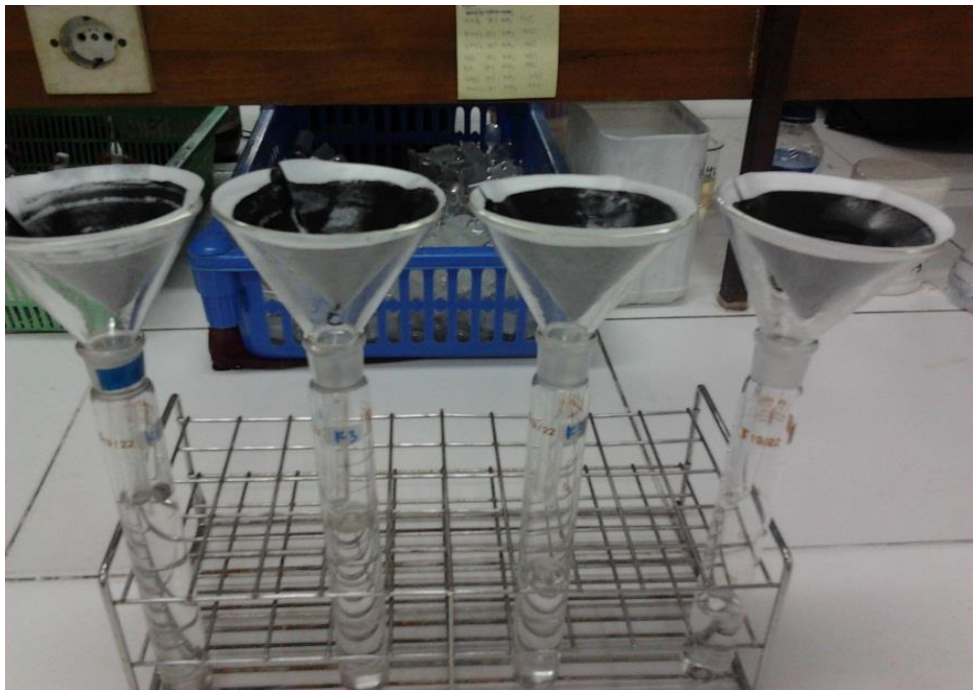
Gambar 5.2. Limbah setelah dilakukan penetralan pH

5.2. Hasil uji pengaruh berat terhadap kapasitas serapan.

5.2.1. Karbon Aktif

Adsorpsi karbon aktif yang dilakukan pada penelitian menggunakan sampel dari hasil penetralan dilakukan penyaringan karena terdapat endapan pada limbah setelah penetralan pH dapat dilihat pada gambar 5.2. Karbon aktif yang

digunakan dalam penelitian ini adalah karbon aktif komersial yang mudah didapat di toko kimia dan banyak digunakan di laboratorium. Dalam penelitian dilakukan pengadukan campuran sampel dan karbon aktif selama 15 menit yang bertujuan agar terjadi interaksi antara sampel limbah dan karbon aktif dengan baik dan homogen. Setelah dilakukan pengadukan dengan menggunakan pengaduk magnetik kemudian dilakukan penyaringan dengan menggunakan kertas saring Whatman 42 terlihat pada Gambar 5.3. Filtrat hasil saringan diambil dan dilakukan pengukuran Cr dengan menggunakan AAS.



Gambar 5.3. Penyaringan setelah pengadukan dengan karbon aktif.

Perbedaan berat karbon aktif ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh jumlah penggunaan karbon aktif dan zeolit untuk menurunkan kadar Cr dalam limbah. Sehingga dapat diketahui seberapa besar bobot optimum penggunaan karbon aktif dalam penyerapan kromium. Hasil pengolahan limbah COD menggunakan karbon aktif dengan variasi berat dapat dilihat pada Tabel 5.2 sebagai berikut,

Tabel 5.2. Hasil pengujian penyerapan Cr oleh Karbon aktif terhadap perbedaan berat

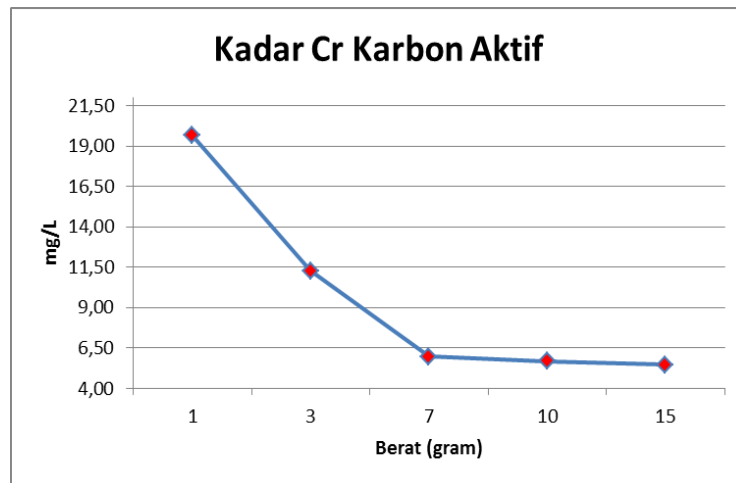
Ulangan	Sebelum Pengolahan	Setelah Pengolahan (15 menit)					Total
		b1	b2	b3	b4	b5	
1	68,59	19,25	10,83	5,69	5,38	5,38	46,53
2		20,55	12,01	5,87	6,09	5,67	50,19
3		19,13	10,95	6,31	5,57	5,35	47,31
Total	68,59	58,93	33,79	17,87	17,04	16,40	144,03
Rata-rata	68,59	19,64	11,26	5,96	5,68	5,47	
Persen Removal		71,36	83,58	91,32	91,72	92,03	

ket : b= berat karbon aktif,

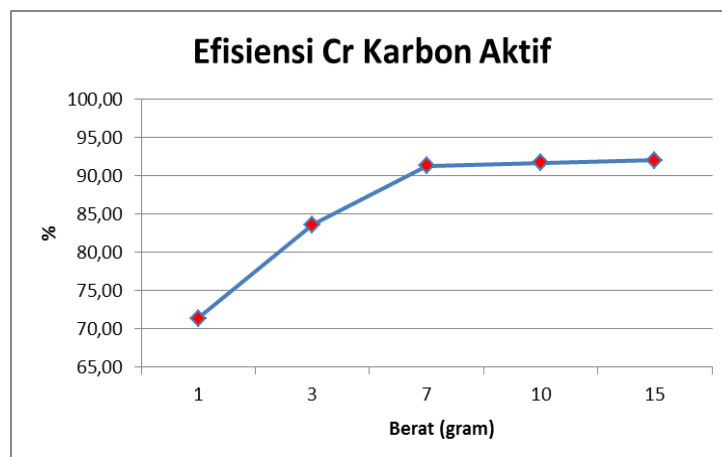
b1 = 1 gram, b2 = 3 gram, b3 = 7 gram, b4 = 10 gram, b5 = 15 gram

Berdasarkan Tabel 5.2, terlihat bahwa terjadi perubahan nilai Cr antara sebelum pengolahan dengan setelah dilakukannya pengolahan. Pada sebelum pengolahan nilai Cr diperoleh sebesar 68,59 mg/l. Setelah dilakukan pengolahan terjadi penurunan Cr setiap penambahan berat karbon aktif. Nilai efisiensi penyerapan Cr maksimal terjadi pada penambahan berat karbon aktif 7 g yaitu rata-ratanya sebesar 91,32%. Sementara itu penambahan lebih dari 7 g penyerapan Cr mulai stabil dan tidak mengalami perubahan yang sangat signifikan terdapat pada Gambar 4.4. Berdasarkan tabel 4.2 nilai F hitung 430,48 lebih besar dari nilai F tabel yang nilainya 3,48, maka dapat disimpulkan kita menolak H_0 bahwa terdapat perbedaan nyata terhadap berat karbon aktif yang digunakan. Interaksi antara Cr dengan karbon aktif melalui pembentukan ikatan kimia. Kemisorpsi terjadi diawali dengan adsorpsi fisik, yaitu partikel-partikel adsorbat (Cr) mendekati ke permukaan adsorben (karbon aktif) melalui gaya *van der waals* atau melalui ikatan hidrogen. Kemudian diikuti oleh adsorpsi kimia yang terjadi setelah adsorpsi fisika. Dalam adsorpsi kimia partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen) dan cenderung mencari tempat yang memaksimalkan bilangan koordinasi dengan substrat.

Berikut adalah grafik hubungan variasi berat karbon aktif terhadap konsentrasi Cr dan grafik persen penyerapan Cr dengan karbon aktif Gambar 4.4 dan 4.5.



Gambar 5.4. Grafik hubungan Kadar Cr terhadap karbon aktif dengan perbedaan berat.



Gambar 5.5. Grafik efisiensi Cr terhadap karbon aktif dengan perbedaan berat.

Pada Gambar 4.5 terlihat jelas bahwa pada berat karbon aktif sebanyak 7 g nilai serapan Cr mencapai batas maksiml, sementara lebih dari 7 g nilai serapan tidak mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan karena pada berat 7 g karbon aktif mencapai batas kemampuan dalam menyerap Cr. Karbon aktif mengalami sifat jenuh pada batas 7 g dan pada 10 g dan 15 g nilai efisiensi Cr terlihat stabil. Berikut hasil perhitungan RAL.

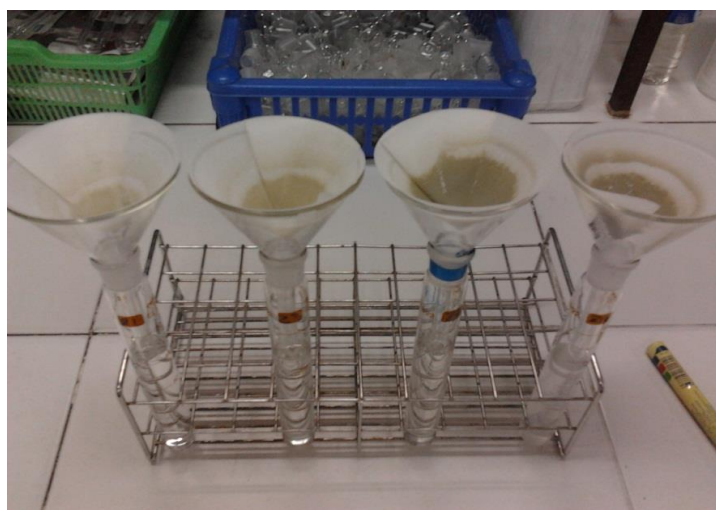
Tabel 5.3. Penyelesaian RAL Karbon aktif terhadap berat

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Fhitung	Ftabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	448,1192	112,0298	430,48	3,48	5,99
Galat	10	2,6024	0,2602			
Total	14	450,7216				

5.2.2 Zeolit

Percobaan adsorpsi zeolit dilakukan dengan menggunakan zeolit yang dicampurkan dengan sampel limbah COD kemudian dilakukan pengadukan magnetik selama 15 menit seperti yang dilakukan pada adsorpsi karbon aktif agar interaksi zeolit dengan sampel limbah berjalan dengan baik dan merata. Filtrat hasil adsorpsi zeolit kemudian di saring dengan Whatman 42. Terlihat pada Gambar 5.6 penyaringan filtrat dan kemudian di ambil untuk dilakukan pengukuran Cr lebih lanjut dengan menggunakan AAS.

Hasil saringan setelah pengolahan dengan zeolit sedikit lebih keruh dibandingkan dengan hasil saringan dengan menggunakan karbon aktif. Hal ini disebabkan karena ruang-ruang dari alumina-silikat zeolit tidak banyak menyerap gas seperti pada karbon aktif. Zeolit mampu menyerap kation yang memiliki muatan positif karena adanya muatan negatif pada rongga zeolit.



Gambar 5.6. Penyaringan setelah pengadukan dengan zeolit

Perbedaan berat zeolit ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh jumlah penggunaan zeolit untuk menurunkan kadar Cr dalam limbah. Sehingga dapat diketahui seberapa besar berat optimum penggunaan zeolit dalam penyerapan kromium. Hasil pengolahan limbah COD menggunakan zeolit dengan variasi berat dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4. Hasil pengujian penyerapan Cr oleh Zeolit terhadap perbedaan berat.

Ulangan	Sebelum Pengolahan	Setelah Pengolahan (15 menit)					Total
		b1	b2	b3	b4	b5	
1	68,59	18,94	15,25	13,85	8,36	8,36	64,76
2		18,77	16,54	13,98	8,44	8,43	66,16
3		19,68	15,99	12,38	7,96	7,89	63,90
Total	68,59	57,39	47,78	40,21	24,76	24,68	194,82
Rata-rata	68,59	19,13	15,93	13,40	8,25	8,23	
Persen Removal		72,11	76,78	80,46	87,97	88,01	

ket : b= berat zeolit,

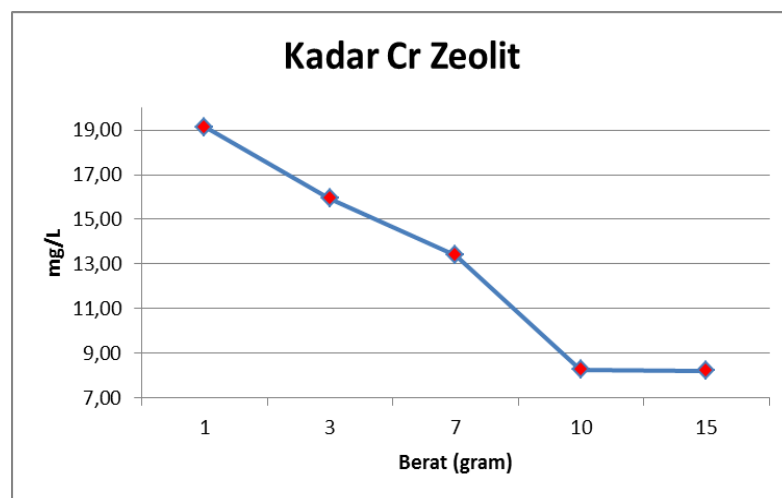
b1 = 1 gram, b2 = 3 gram, b3 = 7 gram, b4 = 10 gram, b5 = 15 gram

Berdasarkan Tabel 5.4 terlihat bahwa terjadi perubahan nilai Cr antara sebelum pengolahan dengan setelah dilakukannya pengolahan. Pada sebelum pengolahan nilai Cr diperoleh sebesar 68,59 mg/l. Setelah dilakukan pengolahan terjadi penurunan Cr setiap penambahan berat zeolit. Nilai efisiensi penyerapan Cr maksimal terjadi pada penambahan berat zeolit 10 g yaitu rata-ratanya sebesar 87,97 %. Sementara itu penambahan lebih dari 10 g penyerapan Cr mulai stabil dan tidak mengalami perubahan yang sangat signifikan. Berdasarkan tabel 5.5 nilai F hitung diperoleh 215,73 lebih besar dari nilai F tabel yang nilainya 3,48, maka dapat disimpulkan kita menolak H_0 bahwa terdapat perbedaan nyata terhadap berat zeolit yang digunakan.

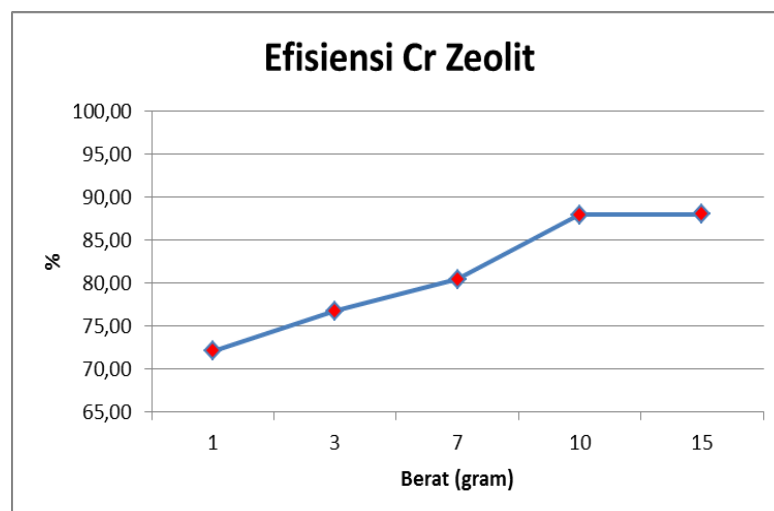
Mekanisme pertukaran kation pada larutan dimana kation (Cr) dari larutan menembus lapisan air dari butiran zeolit lalu masuk ke dalam saluran zeolit melalui difusi molekular. Kemudian terjadi pertukaran, selanjutnya kation zeolit dibebaskan ke dalam larutan. Proses pertukaran akan berakhir saat mencapai kesetimbangan, yaitu keadaan dengan perbandingan konsentrasi kation yang

terserap pada zeolit terhadap kation dalam larutan mencapai maksimum. Dalam keadaan setimbang, laju penyerapan adsorbat (Cr) oleh adsorben (zeolit) sama dengan laju desorpsi (pelepasan adsorbat yang telah terikat kembali ke dalam larutan)

Berikut adalah grafik hubungan variasi berat karbon aktif terhadap konsentrasi Cr dan grafik persen penyerapan Cr dengan karbon aktif Gambar 5.7 dan 5.8



Gambar 5.7. Grafik Hubungan Kadar Cr Terhadap Zeolit Dengan Perbedaan Berat.



Gambar 5.8. Grafik Efisiensi Cr Terhadap Zeolit Dengan Perbedaan Berat.

Berdasarkan Gambar 5.8. terlihat jelas bahwa pada berat zeolit sebanyak 10 g nilai serapan Cr mencapai batas maksiml, sementara lebih dari 10 g nilai serapan tidak mengalami kenaikan yang signifikan. Hal ini disebabkan karena pada berat 10 g zeolit mencapai batas kemampuan dalam menyerap Cr. Zeolit mengalami sifat jenuh pada batas 7 g dan pada 10 g dan 15 g nilai efisiensi Cr terlihat stabil. Berikut hasil perhitungan RAL pada Tabel 5.5

Tabel 5.5. Penyelesaian RAL Zeolit Terhadap Berat

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F hitung	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	274,8822	68,7206	215,73	3,48	5,99
Galat	10	3,1855	0,3185			
Total	14	278,0677				
Faktor Koreksi	2530,361					

5.3. Pengaruh Waktu Terhadap Kapasitas Serapan.

Proses adsorpsi untuk menentukan waktu serapan menggunakan proses pengadukan. Lama pengadukan dapat mempengaruhi proses adsorpsi karena dapat menyebabkan naiknya kecepatan reaksi dengan menurunnya ketebalan lapisan pelarut yang mengelilingi adsorben. Variasi lama pengadukan yang dilakukan terhadap larutan kromium diperlukan untuk menentukan waktu kontak yang tepat agar penempelan molekul adsorbat dapat berlangsung optimum. Waktu kontak merupakan waktu yang dibutuhkan karbon aktif dan zeolit untuk menyerap kromium.

Waktu serapan yang cukup diperlukan karbon aktif dan zeolit agar dapat mengadsorpsi logam secara optimal. Semakin lama waktu kontak, maka semakin banyak logam yang teradsorpsi karena semakin banyak kesempatan partikel bahan adsorb untuk bersinggungan dengan logam. Hal ini menyebabkan semakin banyak logam yang terikat di dalam pori-pori arang aktif. Tetapi apabila adsorbennya sudah jenuh, waktu kontak tidak lagi berpengaruh.

5.3.1. Karbon aktif

Hasil analisis pengolahan limbah COD oleh karbon aktif terhadap waktu serapan yang berbeda-beda dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut ini,

Tabel 5.6. Hasil Pengujian Penyerapan Cr Oleh Karbon Aktif Terhadap Perbedaan Waktu Serapan.

Ulangan	Sebelum Pengolahan	Setelah Pengolahan (Bobot 7 gram)					Total
		T1	T2	T3	T4	T5	
1	68,59	5,38	3,24	1,72	0,35	0,35	11,05
2		5,47	3,31	1,75	0,46	0,46	11,45
3		5,83	3,89	1,77	0,49	0,49	12,46
Total	68,59	16,68	10,44	5,24	1,30	1,30	34,96
Rata-rata	68,59	5,56	3,48	1,75	0,43	0,43	
Persen Removal		91,90	94,93	97,45	99,37	99,37	
F Hitung	377,08						
F Tabel	5%	3,48					

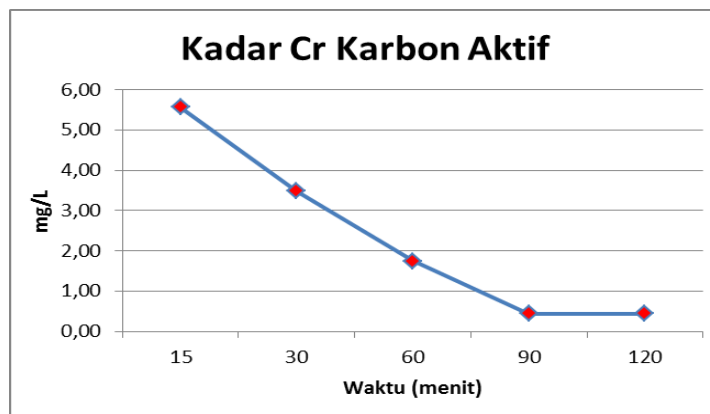
Ket : T1 = 15 Menit, T2 = 30 Menit, B3 = 60 Menit, B4 = 90 Menit, B5 = 120 Menit.

Berdasarkan Tabel 5.6. dapat dilihat bahwa waktu maksimum penyerapan Cr oleh karbon aktif terjadi pada waktu pengadukan selama 90 menit, terjadi penurunan Cr yang signifikan dari nilai Cr awal sebesar 68,59 mg/l menjadi sebesar 0,43 mg/l dengan besar serapan 99,37 %. Sedangkan pada menit 15 dan 20 belum berubah drastis hal ini terjadi karena pada awal penyerapan, permukaan adsorben masih belum terlalu banyak berikatan dengan Cr sehingga proses penyerapan berlangsung kurang efektif.

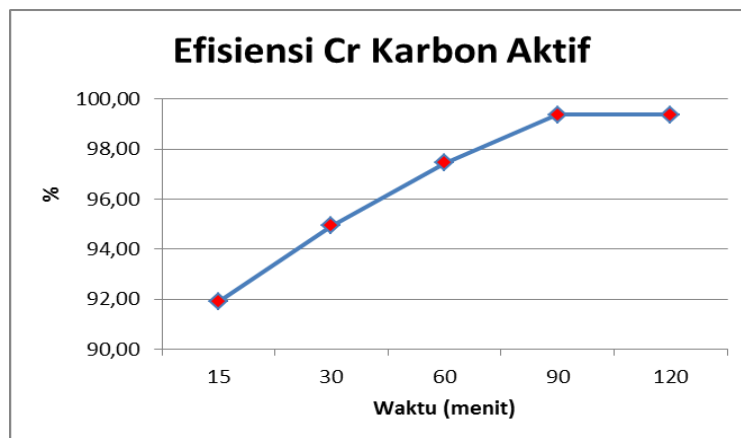
Berdasarkan tabel 5.7 nilai F hitung diperoleh 377,08 lebih besar dari nilai F tabel yang nilainya 3,48, maka dapat disimpulkan kita menolak H_0 bahwa terdapat perbedaan nyata terhadap lama waktu serapan karbon aktif yang digunakan. Semakin lama waktu pengadukan, kemampuan arang aktif untuk mengikat Cr akan semakin besar. Hal ini karena adanya waktu kontak yang lama antara adsorben dengan adsorbat memungkinkan semakin banyak terbentuk ikatan antara partikel karbon aktif dengan logam Cr.

Sementara waktu pengadukan lebih dari 90 menit nilai serapan tidak berbeda jauh dari pengadukan 90 menit. Kapasitas adsorpsi permukaan karbon

aktif telah jenuh dan telah tercapai kesetimbangan antara konsentrasi Cr dalam adsorben dengan lingkungannya sehingga penyerapan pada waktu kontak diatas 90 menit menjadi konstan atau hamper sama, jika permukaan tertutup oleh lapisan molekuler, maka kapasitas adsorpsi menjadi konstan. Diperoleh pada nilai waktu maksimum pengadukan karbon aktif terhadap limbah COD yaitu pada 90 menit pertama. Berikut grafik hubungan kandungan Cr terhadap perbedaan waktu pengadukan pada pada Gambar 5.9 dan grafik hubungan efisiensi penyerapan Cr oleh karbon aktif terhadap perbedaan waktu pada Gambar 5.10.



Gambar 5.9. Grafik Hubungan Kadar Cr Terhadap Karbon Aktif Dengan Perbedaan Waktu.



Gambar 5.10. Grafik Efisiensi Cr Terhadap Karbon Aktif Dengan Perbedaan Waktu.

Berdasarkan grafik efisiensi Cr terhadap perbedaan waktu serapan dapat dilihat bahwa serapan maksimum terdapat pada waktu penyerapan di 90 menit,

selanjutnya nilai serapan terlihat konstan dan tidak berubah signifikan. Berikut hasil perhitungan RAL pada Tabel 5.7

Tabel 5.7. Penyelesaian RAL Karbon Aktif Terhadap Waktu Serapan

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F hitung	Ftabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	57,8333	14,4583	377,08	3,48	5,99
Galat	10	0,3834	0,0383			
Total	14	58,2168				
Faktor Koreksi	81,4671					

4.3.2. Zeolit

Hasil analisis pengolahan limbah COD oleh karbon aktif terhadap waktu serapan yang berbeda-beda dapat dilihat pada Tabel 5.8. berikut ini.

Tabel 5.8. Hasil pengujian penyerapan Cr oleh Zeolit terhadap perbedaan waktu serapan.

Ulangan	Sebelum Pengolahan	Setelah Pengolahan (bobot 10 gram)					Total
		T1	T2	T3	T3	T4	
1	68,59	8,36	4,96	2,53	0,80	0,44	17,10
2		8,25	4,78	2,46	0,83	0,50	16,82
3		9,32	5,21	2,75	0,75	0,45	18,48
Total	68,59	25,93	14,95	7,74	2,39	1,40	52,41
Rata-rata	68,59	8,64	4,98	2,58	0,80	0,47	
Persen Removal		87,40	92,73	96,24	98,84	99,32	
F Hitung	411,69						
F Tabel	5%	3,48					

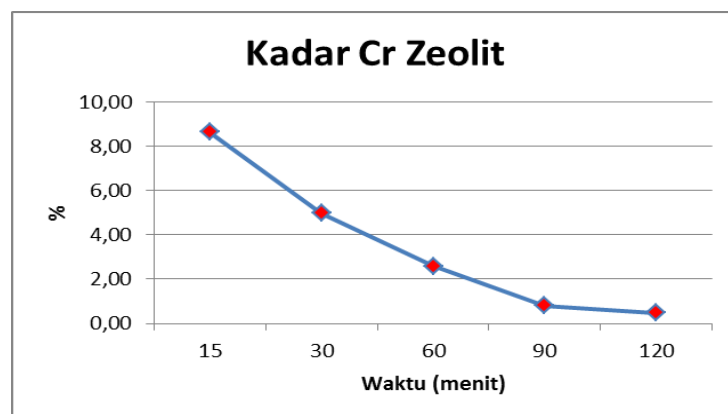
Ket : T1 = 15 Menit, T2 = 30 Menit, B3 = 60 Menit, B4 = 90 Menit, B5 = 120 Menit.

Berdasarkan Tabel 5.8. dapat dilihat bahwa waktu maksimum penyerapan Cr oleh zeolit terjadi pada waktu pengadukan selama 120 menit, terjadi penurunan Cr yang signifikan dari nilai Cr awal sebesar 68,59 mg/l menjadi sebesar 0,47 mg/l dengan besar serapan 99,32 %. Sedangkan pada menit 15, 30 dan 60 belum berubah drastis hal ini terjadi karena pada awal penyerapan, permukaan adsorben

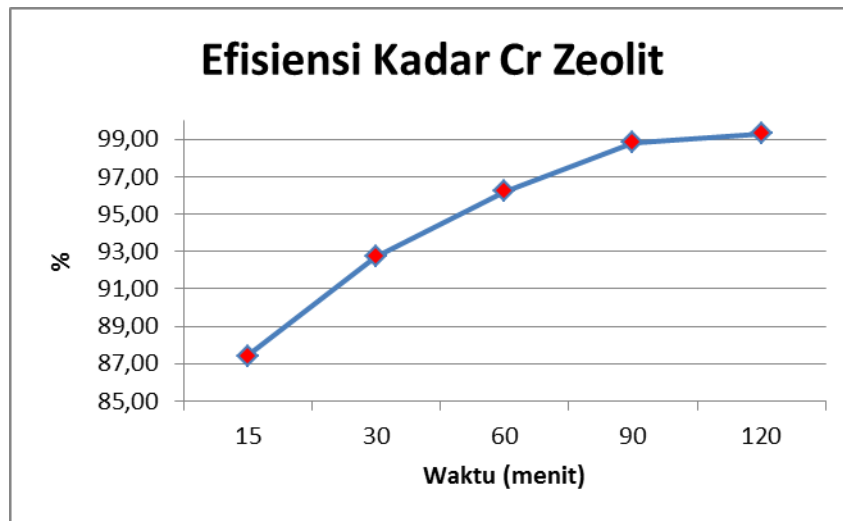
masih belum terlalu banyak berikatan dengan Cr sehingga proses penyerapan berlangsung kurang efektif.

Berdasarkan tabel 5.9 nilai F hitung diperoleh 411,69 lebih besar dari nilai F tabel yang nilainya 3,48, maka dapat disimpulkan kita menolak H_0 bahwa terdapat perbedaan nyata terhadap lama waktu serapan zeolit yang digunakan. Semakin lama waktu pengadukan, kemampuan zeolit untuk mengikat Cr akan semakin besar. Hal ini karena adanya waktu kontak yang lama antara adsorben dengan adsorbat sehingga pertukaran muatan positif dari Krom dengan gugus-gugus partikel zeolit masih berlangsung dan memungkinkan semakin banyak terbentuk ikatan antara partikel zeolit dengan logam Cr.

Berbeda dengan karbon aktif yang di menit 90 sudah mengalami penurunan drastis dan tidak berubah hingga menit-menit berikutnya. Sementara pada zeolit hingga waktu pengadukan lebih dari 120 menit nilai serapan masih terus berlanjut. Kapasitas adsorbs permukaan karbon aktif telah jenuh dan telah tercapai kesetimbangan antara konsentrasi Cr dalam adsorben dengan lingkungannya sehingga penyerapan pada waktu kontak jenuh di menit 90. Berikut grafik hubungan kandungan Cr terhadap perbedaan waktu pengadukan pada pada Gambar 5.11. dan grafik hubungan efisiensi penyerapan Cr oleh karbon aktif terhadap perbedaan waktu pada Gambar 5.12.



Gambar 5.11. Grafik Hubungan Kadar Cr Terhadap Zeolit Dengan Perbedaan Waktu.



Gambar 5.12. Grafik Efisiensi Cr Terhadap Zeolite Dengan Perbedaan Waktu.

Berdasarkan Gambar 5.12. nilai efisiensi Cr terhadap perbedaan waktu serapan dapat dilihat bahwa serapan maksimum terdapat pada waktu penyerapan oleh zeolit terus berlanjut lebih dari 120 menit. Hal ini dapat disebabkan oleh kemampuan penukaran ion Na dan K dalam zeolit dengan Cr masih terus berlangsung dan terbentuk ikatan antara partikel zeolit dengan logam Cr dan masih mampu melakukan penukaran tersebut hingga lebih dari 120 menit waktu kontak. Peneliti tidak melanjutkan percobaan ini di karenakan melebihi waktu efisien dalam pengolahan limbah COD dibandingkan dengan karbon aktif. Berikut hasil perhitungan RAL terdapat pada Tabel 5.9

Tabel 5.9. Penyelesaian RAL Zeolit Terhadap Waktu Serapan

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F hitung	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	138,0832	34,5208	411,69	3,48	5,99
Galat	10	0,8385	0,0839			
Total	14	138,9217				
Faktor Koreksi	183,1254					

Berdasarkan percobaan tersebut dapat dilihat bahwa penggunaan karbon aktif memiliki kemampuan menyerap Cr lebih cepat dan dengan jumlah yang lebih sedikit dibandingkan dengan penggunaan zeolit. Namun karbon aktif memiliki waktu jenuh yang lebih cepat dibandingkan waktu jenuh zeolit dalam menyerap Cr. Pada penggunaan zeolit dibutuhkan jumlah yang lebih banyak daripada karbon aktif untuk mencapai berat maksimum, namun zeolit memiliki waktu yang lebih lama dalam menyerap Cr untuk mencapai batas jenuh melebihi batas jenuh karbon aktif. Tabel 5.10. menjelaskan sifat dan spesifikasi jenis bahan pengadsorb yang digunakan.

Tabel 5.10. Spesifikasi Bahan Adsorpsi.

<i>Karbon Aktif</i>	<i>Zeolit</i>
Semakin banyak karbon semakin besar serapan	Semakin banyak zeolit semakin besar serapan
Waktu penyerapan lebih cepat	Waktu penyerapan terus berlanjut
Ampas saringan karbon aktif banyak	Ampas saringan zeolit sedikit
Harga Rp ± 28.000,00/Kg	Harga ± Rp 5.000,00/Kg
Efisiensi waktu lebih besar	Efisiensi waktu stabil dan terus berlanjut

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sementara bahwa :

1. Pengolahan limbah hasil analisis COD di laboratorium dengan menggunakan karbon aktif dan zeolit telah mengalami penurunan kandungan kromium. Metode adsorpsi dapat digunakan sebagai salah satu cara pengolahan limbah analisis penurunan kadar krom.
2. Berdasarkan percobaan peneliti diperoleh berat dan waktu maksimum pada karbon aktif yang efisien dalam penurunan kadar Cr yaitu sebanyak 7 g dalam 50 ml limbah dengan waktu pengadukan selama 90 menit dengan nilai serapan sebesar 99,37 %.
3. Berdasarkan percobaan peneliti diperoleh berat dan waktu maksimum pada zeolit dalam penurunan kadar Cr yaitu sebanyak 10 g dalam 50 ml limbah namun dengan waktu yang lebih dari 120 menit.

5.2 Saran

Adapun kekurangan yang terdapat dalam penelitian ini, maka disarankan beberapa hal sebagai berikut :

1. Perlu percobaan lanjutan dilakukan untuk mengetahui batas maksimal zeolit tidak mengalami perubahan nilai serapan.
2. Ampas sisa hasil saringan karbon aktif dan zeolit bisa diaktifkan kembali namun sebelumnya karbon aktif yang telah digunakan dilakukan proses desorpsi dahulu dengan menggunakan larutan asam. Sementara pada zeolit bisa diaktifkan kembali dengan penambahan asam dan pemanasan agar diperoleh zeolit yang aktif kembali.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2006, *Kumpulan Standar Nasional Indonesia (SNI) Bidang Lingkungan Kualitas Air dan Air Limbah Bagian I, Panitia Teknis 13-03 Kualitas Lingkungan dan Manajemen Lingkungan*, Kementrian Lingkungan Hidup, Jakarta
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta. Kanisius
- Erdawati. 2008. “*Kapasitas Adsorpsi Kitosan dan Nanomagnetik Kitosan terhadap Ion Ni(II)*”. Prosiding. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Universitas Lampung.
- Esmaceli A, Meshdaghi NA, Vajrinejad R. 2005. *Chromium(III) removal and recovery from tannery leather wastewater by precipitation process. Am J Appl Sci 2:1471-1473.*
- KepMenLH. Undang Undang No. 32 Tahun 2009
- Palar, Heryando. 2004. *Pencemaran Dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta. asdi Mahasatya.
- Patnaik P. 2003. *Handbook of Inorganic Chemistry*. New York: McGraw-Hill.
- Poedji Loekitowati Hariani, Nurlisa Hidayati, dan Melly Oktaria. 2009. *Penurunan Konsentrasi Cr(VI) Dalam Air Dengan Koagulan FeSO₄*. Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan, Indonesia
- Retnowati. 2005. *Efektifitas Ampas Teh sebagai Adsorben Alternatif Limbah Cair Industri Tekstil*. Institut Pertanian Bogor
- Rita Febrianti. 2008. *Pengaruh Ion Na⁺, K⁺, Mg²⁺ dan Ca²⁺ pada Penyerapan Kromium Trivalen Oleh Zeolit Lampung*. Institut Pertanian Bogor.
- Said, M. 2009. *Pengolahan Air Limbah Laboratorium dengan Menggunakan Koagulan Alum Sulfat dan Poli Aluminium Klorida (PAC) Pengolahan Air Limbah Laboratorium dengan Menggunakan Koagulan Alum Sulfat dan Poli Aluminium Klorida (PAC)*. Jurnal Penelitian Sains

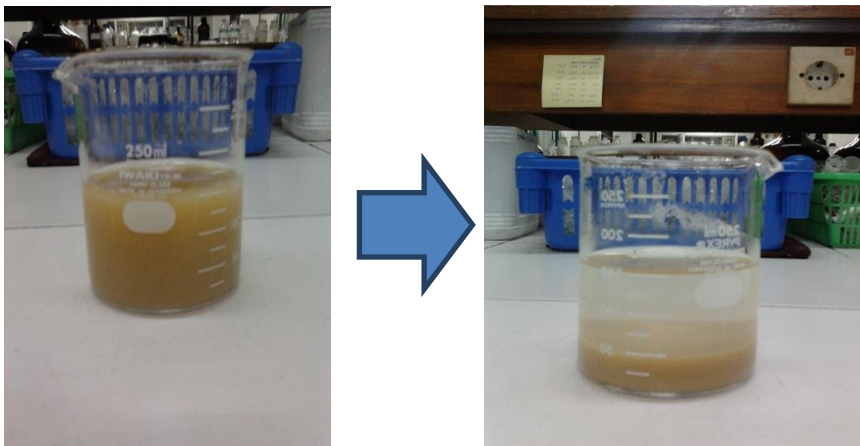
- Sembiring MT, Sinaga TS. 2003. *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)*. Sumatera Utara: Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- Suwardi. 2002. *Prospek pemanfaatan mineral zeolit di bidang pertanian. J Zeolit Indones* hlm: 5-12.
- Wijayanti Ria. 2009. *Arang Aktif Dari Ampas Tebu Sebagai Adsorben Pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas*. Institut Pertanian Bogor.
- Zamroni H, Thamzil L. 2002. *Penggunaan zeolit dalam bidang industri dan lingkungan. J Zeolit Indones*.1:23-30.

Lampiran 1.

**Gambar Penelitian Penyerapan Cr
dengan
Karbon Aktif dan Zeolit**



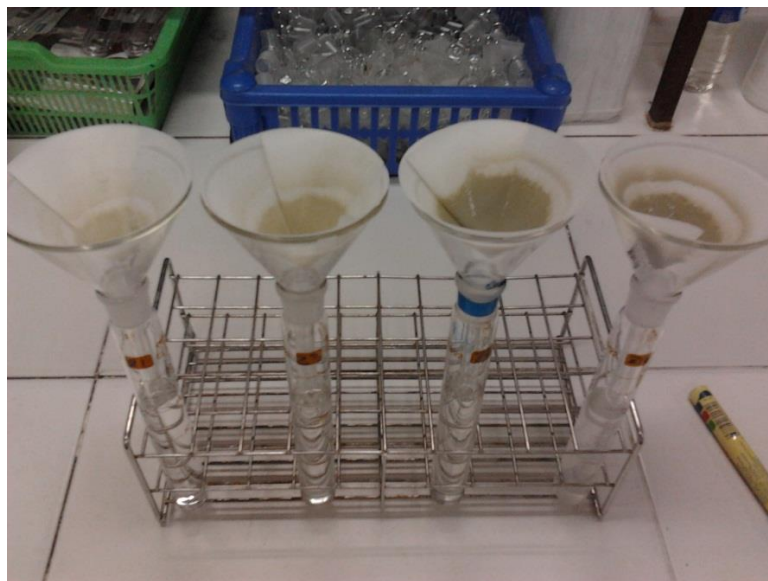
Gambar 1. Sampel limbah analisis COD



Gambar 2. Limbah setelah dilakukan penetralan pH



Gambar 3. Penyaringan setelah pengadukan dengan karbon aktif.



Gambar 3. Penyaringan setelah pengadukan dengan zeolit.



Gambar 4 Sampel setelah penambahan adsorben siap di shaker.



Gambar 5. Spektrofotometer Serapan Atom (AAS)