



UNIVERSITAS INDONESIA

**Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Dengan Metode
Presipitasi dan Adsorpsi Untuk Penurunan Kadar Logam Berat**

SKRIPSI

**HADYAN ADLI
0706263151**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI KIMIA
DEPOK
JULI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Dengan Metode
Presipitasi dan Adsorpsi Untuk Penurunan Kadar Logam Berat**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains

**HADYAN ADLI
0706263151**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI KIMIA
DEPOK
JULI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun
dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Hadyan Adli

NPM : 0706263151

Tanda Tangan

: 

Tanggal : 9 Juli 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Hadyan Adli
NPM : 0706263151
Program Studi : S1 Kimia
Judul Skripsi : Pengolahan Limbah Cair ALaboratorium Dengan Metode Presipitasi dan Adsorpsi Untuk Penurunan Kadar Logam Berat

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

Pembimbing : Drs. Sunardi M.Si

Penguji : Dr. Riwandi Sihombing

Penguji : Ir. Widyastuti M.Si

Penguji : Dr. Jarnuzi Gunlazuardi

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 9 Juli 2012

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya milik Allah SWT atas limpahan hidayah, taufik dan keberkahan ilmu kepada penulis, sehingga penulis dapat merampungkan laporan tugas akhir yang berjudul: “Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Dengan Metode Presipitasi dan Adsorpsi Untuk Penurunan Kadar Logam Berat” dengan baik. Shalawat serta salam senantiasa terlimpah kepada Baginda Muhammad SAW, beserta segenap keluarga, sahabat dan pengikut setia beliau hingga akhir zaman.

Laporan tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar kesarjanaan di Departemen Kimia, Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sulitlah kiranya bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Bapak Sunardi M.Si, selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah rela mengorbankan banyak waktunya untuk memberikan pengarahan dan pengertian kepada penulis.
2. Bapak Ridla Bakri, selaku ketua Departemen Kimia FMIPA UI.
3. Seluruh Jajaran Dosen Departemen Kimia UI untuk ilmu yang telah diajarkan baik akademis maupun non-akademis.
4. Keluarga Besar untuk semua doa dan kehidupan yang diberikan.
5. Sahabat Geo untuk semua kesenangan, kebahagiaan, kegembiraan, dan pertemanan yang tak ternilai yang disediakan untuk penulis baik semasa kuliah, sebelum dan seterusnya.
6. Sahabat Dallas untuk semua waktu, batang rokok, serta kopi dan s-tee kebersamaan kalian. Semoga dapat cepat menyusul penulis yang telah mencontohkan banyak kemalasan
7. Teman-teman kimia 2007 dan 2008 untuk semua waktu diskusi dan semangat yang diberikan.

8. Rekan-rekan satu bimbingan (Micu, Maris, Mika) untuk kesabaran dalam mengajak serta bantuan penelitian.
9. Jajaran karyawan Departemen Kimia UI, atas bantuan teknis yang penulis peroleh selama menjadi mahasiswa Kimia UI.
10. Paramita Puspitasari S.Si, untuk keberadaanya serta segala hal baik yang memungkinkan untuk disebutkan dalam semua bahasa yang telah diberikan selama penulis belajar, menyusun tugas akhir, beribadah, dan bermain.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih banyak atas dukungannya.

Semoga Allah membalas jasa semua pihak tersebut diatas dengan sebaik-baiknya balasan. Penulis juga menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu perlulah kiranya saran dan kritik yang membangun demi perbaikan pada masa mendatang. Semoga laporan ini membawa faedah bagi penulis pribadi maupun bagi pembaca.

Jakarta, Juni 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hadyan Adli
NPM : 0706263151
Program Studi : S1
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Dengan Metode Presipitasi dan Adsorpsi
Untuk Penurunan Kadar Logam Berat

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : Juni 2012
Yang menyatakan



(Hadyan Adli)

ABSTRAK

Nama : Hadyan Adli
Program Studi : Kimia
Judul : Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Dengan Metode
Presipitasi dan Adsorpsi Untuk Penurunan Kadar
Logam Berat

Sampel limbah cair laboratorium telah diturunkan kadar logam beratnya dengan metode presipitasi dan metode adsorpsi dengan menggunakan Natrium Sulfida, Natrium Karbonat, dan Natrium Hidroksida sebagai *precipitating agent* serta menggunakan variasi jenis karbon aktif dan zeolite sebagai adsorben. Jumlah *precipitating agent* yang ditambahkan divariasikan dan telah didapatkan nilai presipitasi yang maksimal dicapai dengan menggunakan penambahan Natrium Sulfida sebanyak 250 mg/ 100 mL limbah. Presipitasi ini mampu mengendapkan logam-logam berat dari sampel limbah yaitu: Cu terendapkan sebanyak 97,54%, Pb terendapkan sebanyak 90,90%, Cd terendapkan sebanyak 93,48%, Co terendapkan sebanyak 70,55%, dan Zn terendapkan sebanyak 91,58%. Adsorpsi dilakukan pada sampel yang telah dipresipitasi, dengan bervariasi massa adsorben yang digunakan. Adsorpsi dengan karbon aktif B lebih baik dibandingkan dengan karbon aktif A dan mampu menyerap logam berat sebanyak 36,90% dari juga menjernihkan warna dan bau dari limbah. Sedangkan adsorpsi dengan zeolit sebagai adsorben mampu menyerap 40,57% logam berat yang terdapat pada sampel.

Kata kunci: Presipitasi, Pengendapan, Air Limbah, Adsorpsi, Karbon Aktif, Zeolite, Logam Berat

ABSTRACT

Nama : Hadyan Adli
Program Studi : Kimia
Judul : Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Dengan Metode
Presipitasi dan Adsorpsi Untuk Penurunan Kadar
Logam Berat

Sample of laboratory waste water has been treated in order to reduce the heavy metal concentration with precipitation and adsorption method. In this research, Sodium Sulfide, Sodium Carbonate, and Sodium Hydroxide were used as the precipitating agent and activated carbon and Zeolite were used as the adsorbent. The amount of the precipitating agents and the adsorbents were varied and the maximum number of precipitation is achieved by using 250 mg Sodium Sulfide. This precipitation can reduce the concentration of heavy metals studied, such as: 97.54% for Cu, 90.90% for Pb, 93.48% for Cd, 70.55% for Co, and 91.58% for Zn. Adsorption were conducted using the wastewater treated by the optimum precipitation with different mass of activated carbon and zeolite as the variation. As the result, activated carbon B adsorbs heavy metals better than activated carbon A which reducing 36.90% of heavy metals and clearing the color and the odor from wastewater sample. Therefore, zeolite adsorbs 40.57% of heavy metals in the sample.

Kata kunci: *Precipitation, Wastewater, Heavy Metal, Adsorption, Activated Carbon, Zeolite*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Hipotesis.....	3
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Air Limbah.....	4
2.1.1 Definisi.....	4
2.1.2 Limbah B3.....	5
2.1.3 Limbah Laboratorium di Indonesia.....	5
2.1.4 Parameter Pencemaran Limbah.....	6
2.1.5 Badan Pengawasan Limbah.....	6
2.2 Pengolahan Air Limbah.....	7
2.2.1 Definisi.....	7
2.2.2 Sistem Pengolahan Limbah.....	7
2.2.3 Presipitasi.....	8
2.2.4 Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan.....	9
2.2.5 Adsorpsi.....	11
2.2.5.1 Definisi.....	11
2.2.5.2 Faktor-Faktor Adsorpsi.....	12
2.3 Logam Berat.....	13
2.3.1 Definisi.....	13
2.3.2 Toksisitas.....	13
2.3.3 Sumber Bahan Pencemar Logam Berat.....	14
2.4 Adsorben.....	16
2.4.1 Karbon Aktif.....	16
2.4.2 Zeolit.....	17

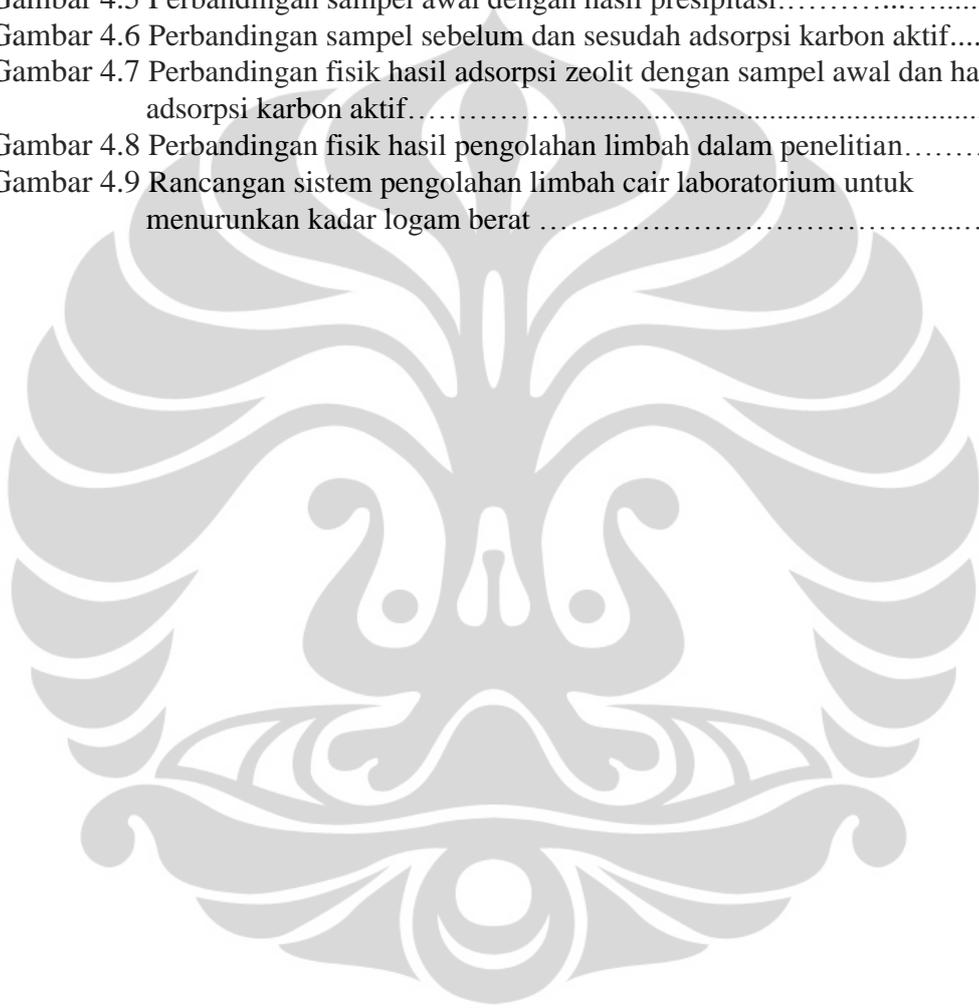
3. METODE PENELITIAN	20
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	20
3.2 Alat dan Bahan.....	20
3.2.1 Alat Proses.....	20
3.2.2 Alat Uji	20
3.2.3 Bahan.....	21
3.3 Flow Chart	22
3.4 Prosedur kerja	22
3.4.1 Pengambilan dan Penyimpanan Sampel Limbah	22
3.4.2 Pengukuran Kadar Logam Sampel Limbah	23
3.4.3 Presipitasi Dengan Hidroksida (NaOH)	23
4. PEMBAHASAN.....	26
4.1 Sampel Limbah Cair Laboratorium	26
4.2 Presipitasi Logam Berat Dengan Hidroksida.....	28
4.3 Presipitasi Logam Berat Dengan Sulfida.....	32
4.4 Presipitasi Logam Berat Dengan Karbonat.....	35
4.5 Perbandingan Hasil Presipitasi Hidroksida, Sulfida, dan Karbonat .	39
4.6 Preparasi Sampel Adsorpsi	41
4.7 Adsorpsi Karbon Aktif.....	42
4.8 Adsorpsi Zeolite.....	45
4.9 Hasil Pengolahan Limbah	48
4.10 Rancangan Sistem dan Perkiraan Biaya Yang Dibutuhkan Untuk Sebuah Sistem Pengolahan Limbah Efisien	49
5. KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Tabel kadar logam berat dalam limbah cair laboratorium.....	27
Tabel 4.2 Tabel kadar logam berat dalam air hasil presipitasi hidroksida.....	29
Tabel 4.3 Tabel presentase logam berat terendapkan dalam presipitasi hidroksida.....	31
Tabel 4.4 Tabel kadar logam berat dalam air hasil presipitasi sulfida.....	33
Tabel 4.5 Tabel presentase logam berat terendapkan dalam presipitasi sulfida ..	35
Tabel 4.6 Tabel kadar logam berat dalam air hasil presipitasi karbonat.....	37
Tabel 4.7 Tabel presentase logam berat terendapkan dalam presipitasi karbonat.....	39
Tabel 4.8 Tabel presentase kadar logam berat terendapkan pada presipitasi sulfida, hidroksida, dan karbonat.....	40
Tabel 4.9 Tabel Persentase logam berat teradsorp pada adsorpsi kiarbon aktif A.....	44
Tabel 4.10 Tabel Persentase logam berat teradsorp pada adsorpsi kiarbon aktif B.....	44
Tabel 4.11 Tabel Persentase logam berat teradsorp pada adsorpsi zeolit.....	47
Tabel 4.12 Tabel Kadar logam berat dalam sampel limbah cair laboratorium setelah pengolahan.....	49
Tabel 4.13 Tabel Perkiraan biaya untuk sebuah sistem pengolahan limbah cair laboratorium.....	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Sampel limbah cair laboratorium dalam beaker glass.....	27
Gambar 4.2 Grafik sisa kadar logam hasil presipitasi hidroksida.....	30
Gambar 4.3 Grafik sisa kadar logam pada presipitasi sulfida.....	33
Gambar 4.4 Grafik sisa kadar logam pada presipitasi karbonat.....	37
Gambar 4.5 Perbandingan sampel awal dengan hasil presipitasi.....	41
Gambar 4.6 Perbandingan sampel sebelum dan sesudah adsorpsi karbon aktif.....	43
Gambar 4.7 Perbandingan fisik hasil adsorpsi zeolit dengan sampel awal dan hasil adsorpsi karbon aktif.....	46
Gambar 4.8 Perbandingan fisik hasil pengolahan limbah dalam penelitian.....	48
Gambar 4.9 Rancangan sistem pengolahan limbah cair laboratorium untuk menurunkan kadar logam berat	51



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Kurva standar Cu dan kurva standar Co pada pengukuran kadar logam berat sampel limbah cair laboratorium
- Lampiran 2 Kurva standar Zn dan kurva standar Cd pada pengukuran kadar logam berat sampel limbah cair laboratorium
- Lampiran 3 Kurva standar Pb pada pengukuran kadar logam berat sampel limbah cair laboratorium dan tabel kadar logam berat setelah presipitasi hidroksida
- Lampiran 4 Grafik kadar logam berat setelah presipitasi hidroksida dan tabel kadar logam berat pada presipitasi karbonat
- Lampiran 5 Grafik kadar logam berat setelah presipitasi karbonat dan tabel kadar logam berat pada presipitasi sulfida
- Lampiran 6 Grafik kadar logam berat setelah presipitasi sulfida dan gambar sampel limbah cair laboratorium
- Lampiran 7 Gambar limbah cair laboratorium dan hasil olahan presipitasi dan gambar hasil olahan dengan metode presipitasi dan adsorpsi
- Lampiran 8 Gambar limbah cair laboratorium dan hasil olahan setiap proses yang dilakukan dan gambar rancangan umum pengolahan limbah cair laboratorium dengan metode presipitasi dan adsorpsi
- Lampiran 9 Gambar perbandingan hasil adsorpsi karbon aktif B dan tabel kadar logam berat setelah adsorpsi dengan karbon aktif A
- Lampiran 10 Tabel kadar logam berat setelah adsorpsi dengan karbon aktif B dan Zeolit
- Lampiran 11 Kurva kalibrasi Cu dengan LOD
- Lampiran 12 Kurva kalibrasi Cd dengan LOD

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Air limbah ialah air bersih yang telah terkontaminasi sehingga memiliki kualitas yang berbeda dari air yang belum terkontaminasi dalam parameter-parameter tertentu dan berpotensi besar dalam membahayakan kesehatan makhluk hidup (*Alter. A.J, 1969*). Ketentuan mengenai kualitas air buangan limbah di Indonesia telah diatur oleh Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 3 Tahun 2010 tentang baku mutu limbah cair, sehingga setiap laboratorium wajib mengatur kadar limbah buangannya dengan melakukan pengolahan yang tepat sebelum dapat membuang limbah cair ke perairan bebas.

Pengolahan limbah cair laboratorium bertujuan untuk menyesuaikan kualitas limbah, sehingga sesuai dengan baku mutu untuk dapat dibuang ke lingkungan. Pengolahan limbah ini dilakukan dengan mengatur parameter kandungan limbah sehingga berada dalam batas yang telah ditetapkan. Dalam setiap pengolahan air limbah, pengolahan logam berat merupakan tahapan yang penting. Ini berkaitan dengan adanya kadar logam berat dalam hampir semua buangan air limbah, baik limbah industri maupun limbah laboratorium. Kadar logam berat jika tidak ditindaklanjuti dapat terakumulasi di lingkungan dan berpotensi besar untuk berpengaruh ke dalam rantai makanan di ekosistem.

Logam berat memiliki toksisitas yang dapat membahayakan kesehatan manusia jika masuk ke dalam metabolisme bahkan berpotensi menyebabkan kematian. Logam berat dalam air limbah sangat bervariasi jenis dan kadarnya untuk setiap laboratorium dan industri, sehingga proses pengolahan limbah pada setiap industri dan laboratorium berbeda-beda. Beberapa cara penanganan logam berat yang sering digunakan di pengolahan air limbah yaitu: presipitasi, pembentukan kompleks, pertukaran ion, osmosis, adsorpsi, reduksi elektrolitik, dan filtrasi (penyaringan).

Terkait dengan biaya, efektifitas, dan kemudahan di dalam pengoperasian, teknik presipitasi dan adsorpsi menjadi metode yang paling sering digunakan dalam menangani kontaminan logam berat dari air limbah terutama yang bersumber dari industri, karena pengolahan limbah dalam industri sangat memperhatikan efisiensi biaya.

Penanganan logam berat seperti Cu, Co, Zn, Pb dan Cr dalam presipitasi biasanya menggunakan agen presipitan. Agen presipitan yang umum digunakan dalam presipitasi logam berat ialah hidroksida, karbonat, dan sulfida yang ditambahkan untuk mengendapkan logam berat sehingga akan didapatkan endapan logam yang dapat dipisahkan dari air limbah dan mendapatkan air hasil olahan yang kadar logam beratnya telah berkurang.

Adsorpsi dalam pengolahan limbah cair juga berperan penting untuk menurunkan kadar logam berat. Kation logam berat dalam limbah cair dapat diserap di permukaan adsorben sehingga konsentrasinya dalam larutan akan menurun. Adsorpsi juga dapat menjernihkan warna limbah dan menghilangkan bau yang ada karena mampu menyerap gas dan partikel yang terkandung dalam limbah cair. Sehingga dapat dihasilkan air hasil olahan yang ramah lingkungan.

1.2 Perumusan Masalah

1. Limbah cair dari laboratorium memerlukan adanya pengolahan untuk menurunkan kadar logam beratnya sehingga sesuai dengan baku mutu limbah dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.3 Tahun 2010 tentang baku mutu limbah cair.
2. Penurunan kadar logam berat dari limbah cair laboratorium dapat dilakukan dengan metode presipitasi dan adsorpsi.
3. Penanganan limbah cair untuk setiap sumber membutuhkan penanganan khusus sehingga akan meningkatkan efisiensi proses.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kandungan serta kadar logam berat dalam limbah cair laboratorium kimia.
2. Melakukan dan mempelajari proses pengolahan limbah dengan presipitasi dan adsorpsi bagi limbah cair laboratorium.
3. Menentukan presipitan dan adsorben yang optimum serta dosis optimum yang efisien bagi pengolahan limbah cair laboratorium.
4. Menurunkan kadar logam berat dari sampel limbah cair laboratorium hingga menghasilkan olahan yang sesuai dengan baku mutu limbah cair.

1.4 Hipotesis

Pengolahan limbah cair laboratorium dengan cara presipitasi dan adsorpsi diharapkan mampu mengurangi kadar logam berat dalam sampel limbah secara efektif sehingga dapat dihasilkan air hasil olahan yang ramah lingkungan dan sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah

2.1.1 Definisi

Air Limbah merupakan air bersih yang sudah tercemar kualitasnya sehingga memiliki kandungan yang berbeda dengan air murni. Air limbah terbentuk akibat buangan dari hasil kerja baik industri, agrikultur, maupun air buangan rumah tangga. Tingkat kontaminasi yang terjadi pada air limbah sangat bervariasi untuk setiap buangan dari setiap sumber berbeda dalam kontaminan dan konsentrasinya (Patterson, 1997).

Air limbah yang tidak ditampung dan diolah dengan benar dapat mencemarkan lingkungan yang berimbas kepada kesehatan makhluk hidup di sekitarnya. Efek yang mungkin terjadi kepada makhluk hidup tidak dapat disepelekan karena memungkinkan terjadi akumulasi pada ekosistem, sehingga kontaminasi yang terjadi akan terus menumpuk dan bertambah kadarnya dalam ekosistem sedikit demi sedikit.



Gambar 2.1 Air Limbah
(sumber: <http://someonehastobringitup.files.wordpress.com> 5 Mei 2012)

2.1.2 Limbah B3

Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) adalah setiap bahan yang karena sifat atau konsentrasinya, jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusakkan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain. Zat kimia B3 dapat berupa senyawa logam (anorganik) atau senyawa organik, sehingga dapat diklasifikasikan sebagai B3 biologis, B3 logam dan B3 organik (Sudarmaji, 2006)

Didalam Peraturan Pemerintah R.I. Nomor 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, yang dimaksud dengan B3 dapat diartikan “Semua bahan/senyawa baik padat, cair, ataupun gas yang mempunyai potensi merusak terhadap kesehatan manusia serta lingkungan akibat sifat-sifat yang dimiliki senyawa tersebut” (Wijanto, 2004).

Limbah B3 diidentifikasi sebagai bahan kimia dengan satu atau lebih karakteristik :

- mudah meledak
- mudah terbakar
- bersifat reaktif
- beracun
- penyebab infeksi
- bersifat korosif

2.1.3 Limbah Laboratorium di Indonesia

Pada Laboratorium, Adanya bahan kimia yang digunakan untuk setiap percobaan yang dilakukan di mulai dari pemberian bahan yang diperlukan dari gudang bahan kimia kepada pekerja atau mahasiswa yang melakukan proses kimia dalam laboratorium. Bahan tersebut digunakan untuk sintesis maupun analisis. Karena tujuan penggunaannya maka terbentuk bahan awal, produk samping, pelarut yang digunakan dan bahan kimia yang terkontaminasi, dimana bahan ini harus dievaluasi kualitasnya sebelum dapat dibuang ke lingkungan (Lasut, 2006).

2.1.4 Parameter Pencemaran Limbah

Kontaminasi air limbah yang terjadi memiliki parameter yang beragam. Dalam hal toksisitas, kontaminan berupa logam berat memiliki toksisitas yang paling tinggi yang dapat menyebabkan metabolisme makhluk hidup terganggu dan masuk terakumulasi dalam rantai makanan. Kadar logam berat di dalam tubuh manusia merupakan hal yang harus dicermati tingkatnya. Kadar logam berat yang berlebihan dapat menyebabkan disfungsi pada metabolisme dan menyebabkan keracunan. Hal ini bahkan dapat menyebabkan kematian bagi manusia dan sulit untuk menanganinya jika sudah terjadi dalam dosis yang sangat tinggi.

Tingkat pencemaran air limbah juga dapat dilihat dari parameter BOD dan CODnya, dimana jika kadar oksigen terlarut dalam air rendah akibat kontaminasi dapat menyebabkan makhluk air tidak dapat bertahan hidup. Kematian makhluk air ini akan berpengaruh besar terhadap biodegradasi yang mungkin terjadi dan merusak rantai makanan sehingga dapat berakibat pada ekosistem secara keseluruhan (Niebor and Richardson, 1972).

2.1.5 Badan Pengawasan Limbah

Di Indonesia, air limbah baik dari industri, laboratorium maupun rumah tangga berada dibawah pengawasan Menteri Negara Lingkungan Hidup dan diatur baku mutunya dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Tahun 2010. Hal ini bertujuan agar tidak terjadi pencemaran berlebihan terhadap lingkungan di Indonesia yang dapat mengakibatkan rusaknya lingkungan hidup secara permanen.

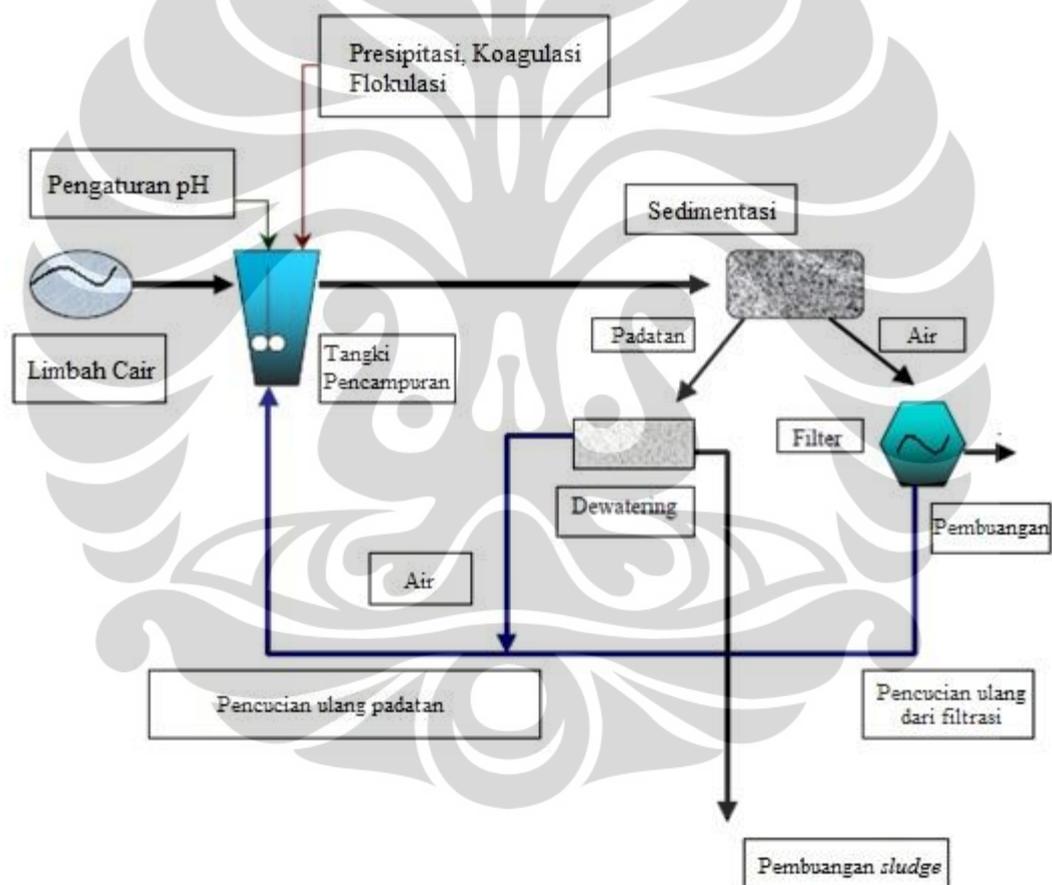
Di dunia, air limbah merupakan bagian dari pengawasan WHO (World Health Organization). WHO bertanggung jawab dalam mengawasi pencemaran air limbah yang memiliki potensi bahaya secara internasional. Pencemaran yang terjadi secara internasional biasanya terjadi dalam skala besar dan terjadi dalam wilayah perairan yang mudah menyebar ke negara sekitar. Dalam kasus seperti inilah WHO memiliki kewenangan untuk ikut membantu menyelesaikan dan mengkaji kasus pencemaran yang terjadi.

2.2 Pengolahan Air Limbah

2.2.1 Definisi

Pengolahan air limbah ialah sebuah proses menghilangkan kontaminan dari air limbah yang dapat berupa proses biologi, kimia maupun fisika untuk menghilangkan kontaminan biologis, kimia, maupun fisika sehingga dapat dihasilkan air hasil olahan yang ramah lingkungan dan bahkan dapat digunakan kembali. (Khopkar, 2007)

2.2.2 Sistem Pengolahan Limbah



Gambar 2.2 Sistem Pengolahan Limbah
(sumber: modifikasi dari Ayres, 1994)

Sebuah sistem pengolahan limbah yang baik selalu bertujuan untuk mengurangi pencemar yang terdapat dalam limbah. Pengolahan ini dapat berupa pengolahan secara kimia, fisika, biologi ataupun ketiganya dilakukan secara

bertahap. Proses-proses seperti flokulasi, presipitasi, sedimentasi, filtrasi merupakan proses-proses yang berada dalam sebuah sistem pengolahan limbah.

Dalam prakteknya, proses-proses yang dilakukan dalam sebuah pengolahan limbah selalu disesuaikan dengan kandungan dalam limbah yang hendak diolah, sehingga pengolahan limbah dapat berlangsung dengan baik dan efisien. Dalam penelitian ini dilakukan pengolahan limbah dengan metode presipitasi dan adsorpsi yang bertujuan untuk menurunkan kadar logam-logam berat pada sampel limbah.

2.2.3 Presipitasi

Presipitasi ialah salah satu cara pengolahan logam berat dari limbah cair yang paling sering digunakan. Hal ini terkait dengan efisiensi dari presipitasi yang tinggi untuk dapat mengurangi kadar logam berat. Presipitasi dapat mengurangi kadar logam berat dalam air limbah dengan hasil yang sangat baik dimana kadar logam berat setelah proses pengolahan menjadi kecil dan dapat dibuang ke perairan. Selain itu dari segi cara pengerjaan, proses presipitasi relatif mudah jika dibandingkan dengan proses-proses pengolahan logam berat lain yang ada pada saat ini. Proses yang dilakukan pada presipitasi pada dasarnya ialah mengendapkan logam-logam berat pada air limbah dengan bantuan penambahan *precipitating agent*.

Presipitasi dilakukan dengan menurunkan kelarutan ion logam terlarut melalui penambahan *precipitating agent* sehingga logam berat akan mengendap sebagai logam yang insoluble dan dapat dipisahkan dari air limbah yang telah diolah. Cara ini telah banyak digunakan oleh industri-industri untuk mengolah logam berat pada air limbahnya sehingga buangan air limbah dari industri tersebut dapat sesuai dengan peraturan pemerintah.

Presipitasi dilakukan dengan menjenuhkan larutan dan banyak dilakukan dengan meningkatkan pH larutan. Setidaknya ada tujuh cara presipitasi yang telah sering digunakan dalam mengolah logam berat pada industri-industri saat ini. Pengelompokan ini dibedakan berdasarkan *precipitating agent* yang digunakan pada proses presipitasi yang dilakukan. Yaitu:

- Presipitasi Hidroksida
- Presipitasi Sulfida
- Presipitasi Carbonate
- Presipitasi Xanthate
- Presipitasi Campuran
- Treatment Sodium borohydride (SBH)
- Presipitasi Dithiocarbamate

Dari ketujuh cara tersebut, presipitasi yang paling sering digunakan pada saat ini ialah presipitasi hidroksida, presipitasi karbonat, dan presipitasi sulfide terkait dengan proses rangkaian pengerjaannya yang mudah dan memberikan hasil yang efektif dalam mengurangi kadar logam dalam air limbah (Armenante, 1997)

Proses presipitasi ini sangat terkait dengan kelarutan logam dan hasil kali kelarutannya dengan *precipitating agent* yang digunakan. Dimana yang diinginkan adalah logam berat terlarut dapat mengendap sebanyak banyaknya sehingga kadar logam berat pada air hasil presipitasi menjadi sangat rendah.

2.2.4 Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan

Apabila suatu zat dilarutkan ke dalam suatu pelarut, ternyata ada yang mudah larut (kelarutannya besar), ada yang *sukar larut* (kelarutannya kecil), dan ada yang tidak larut (kelarutannya dianggap nol). Sebenarnya, tidak ada zat yang tidak larut dalam pelarut. Misalnya, dalam pelarut air semua zat (termasuk logam) dapat larut, hanya saja kelarutannya sangat kecil. Jika suatu zat terlarut dalam pelarut sangat sedikit, misalnya kurang dan 0,1 gram zat terlarut dalam 1.000 gram pelarut, maka zat tersebut dikatakan tidak larut (*insoluble*).

Jika suatu zat padat, contohnya padatan PbI_2 , dilarutkan ke dalam air maka molekul-molekul padatan PbI_2 akan terurai, selanjutnya melarut dalam air. Untuk melarutkan PbI_2 ke dalam air akan ada dua proses yang berlawanan arah (proses bolak-balik), yaitu proses pelarutan padatan PbI_2 dan proses pembentukan ulang padatan PbI_2 . Mula-mula, laju pelarutan padatan PbI_2 sangat cepat dibandingkan dengan laju pembentukan ulang padatan tersebut. Makin lama, konsentrasi PbI_2 yang terlarut meningkat dengan teratur dan laju pembentukan ulang padatan juga meningkat. Pada saat laju pelarutan padatan PbI_2 sama dengan pembentukan

ulang padatan, proses yang saling berlawanan arah tersebut kita katakan berada dalam kondisi kesetimbangan (*equilibrium*).

Pada kondisi kesetimbangan ini, larutan PbI_2 pada kondisi tepat jenuh. Jumlah PbI_2 yang dapat larut sampai dengan tercapainya kondisi tepat jenuh dinamakan kelarutan PbI_2 . Secara umum, pengertian kelarutan suatu zat dalam air adalah batas maksimum dari jumlah suatu zat yang dapat larut dalam sejumlah tertentu air.

PbI_2 melarut dalam air dalam bentuk ion Pb^{2+} dan 2 ion I^- , sehingga proses kesetimbangan PbI_2 dalam air merupakan kesetimbangan ionisasi PbI_2 dalam air, yaitu sebagai berikut.



Dalam larutan PbI_2 jenuh terdapat reaksi ionisasi PbI_2 dalam keadaan setimbang. Tetapan kesetimbangan ini dinamakan tetapan hasil kali kelarutan (*solubility product constant*) dan disimbolkan dengan K_{sp} .

Persamaan tetapan kesetimbangan PbI_2 :

$$K_c = \frac{[\text{Pb}^{2+}][\text{I}^-]^2}{[\text{PbI}_2]}$$

$$K_c [\text{PbI}_2] = [\text{Pb}^{2+}][\text{I}^-]^2$$

Persamaan tetapan hasil kali kelarutan (K_{sp}) adalah sebagai berikut:

$$K_{sp} = [\text{Pb}^{2+}][\text{I}^-]^2$$

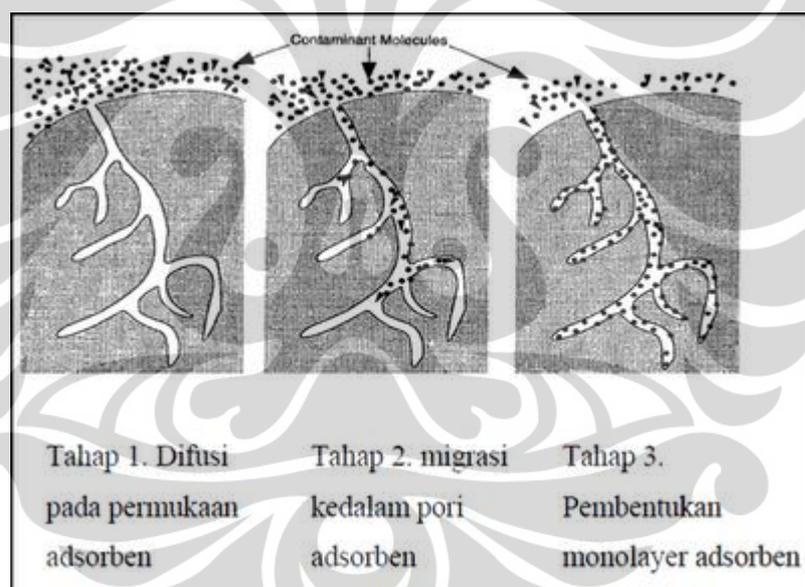
Dari persamaan K_{sp} di atas dapat dinyatakan pula bahwa nilai dari K_{sp} merupakan perkalian dari ion-ion yang melarut dipangkatkan dengan koefisien masing-masing. Besarnya nilai hasil kali kelarutan mencerminkan mudah atau tidaknya larutan elektrolit larut dalam air.

Masing-masing zat memiliki harga K_{sp} yang berbeda. Selanjutnya, dengan mengetahui harga K_{sp} dari suatu zat, dapat diperkirakan keadaan ion-ion suatu zat dalam suatu larutan dengan ketentuan sebagai berikut:

- Jika hasil kali konsentrasi ion-ion (Q_c) lebih kecil dan harga K_{sp} maka ion-ion tersebut masih larut.
- Jika hasil kali konsentrasi ion-ion (Q_c) sama dengan harga K_{sp} maka ion-ion tersebut tepat jenuh.
- Jika hasil kali konsentrasi ion-ion (Q_c) lebih besar harga K_{sp} maka ion-ion tersebut sudah membentuk endapan.

2.2.5 Adsorpsi

2.2.5.1 Definisi



Gambar 2.3 Adsorpsi pada karbon aktif
(sumber: Chodijah, 2011)

Salah satu sifat penting dari permukaan zat adalah adsorpsi. Adsorpsi adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida (cairan maupun gas) terikat pada suatu padatan dan akhirnya membentuk suatu film (lapisan tipis) pada permukaan padatan tersebut. Berbeda dengan absorpsi dimana fluida terserap oleh fluida lainnya dengan membentuk suatu larutan.

Adsorpsi secara umum adalah proses penggumpalan substansi terlarut (*soluble*) yang ada dalam larutan, oleh permukaan zat atau benda penyerap, dimana terjadi suatu ikatan kimia fisika antara substansi dengan penyerapnya.

Definisi lain menyatakan adsorpsi sebagai suatu peristiwa penyerapan pada lapisan permukaan atau antar fasa, dimana molekul dari suatu materi terkumpul pada bahan pengadsorpsi atau adsorben. (Brady, 1999)

Adsorpsi adalah penggumpulan dari adsorbat diatas permukaan adsorben, sedang absorpsi adalah penyerapan dari adsorbat kedalam adsorben dimana disebut dengan fenomena *sorption*. Materi atau partikel yang diadsorpsi disebut adsorbat, sedang bahan yang berfungsi sebagai pengadsorpsi disebut adsorben. (Atkins, 1997)

Adsorpsi dibedakan menjadi dua jenis, yaitu adsorpsi fisika (disebabkan oleh gaya Van Der Waals dan adsorpsi kimia (terjadi reaksi antara zat yang diserap dengan adsorben, banyaknya zat yang teradsorpsi tergantung pada sifat khas zat padatnya yang merupakan fungsi tekanan dan suhu)

2.2.5.2 Faktor-Faktor Adsorpsi

Adsorpsi suatu zat pada permukaan sangat dipengaruhi oleh kondisi sistem. Dalam hal ini, ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap adsorpsi, yaitu:

- Sifat serapan

banyak senyawa yang dapat diadsorpsi oleh arang aktif, tetapi kemampuannya untuk mengadsorpsi berbeda untuk masing-masing senyawa. Adsorpsi akan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari struktur yang sama, seperti dalam deret homolog. Adsorpsi juga dipengaruhi oleh gugus fungsi, posisi gugus fungsi, ikatan rangkap, dan struktur rantai dari senyawa serapan.

- Temperatur

Dalam pemakaian arang aktif dianjurkan untuk mengamati temperatur pada saat berlangsungnya proses. Faktor yang mempengaruhi temperatur proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas senyawa serapan. Jika pemanasan tidak mempengaruhi sifat-sifat senyawa serapan, seperti terjadi perubahan warna

maupun dekomposisi, maka perlakuan dilakukan pada titik didihnya. Untuk senyawa volatil, adsorpsi dilakukan pada temperatur kamar atau bila memungkinkan pada temperatur yang lebih rendah.

- pH (derajat keasaman)

Untuk asam-asam organik, adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya apabila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan penambahan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

- Waktu singgung

Bila arang aktif ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah arang yang digunakan. Selisih ditentukan oleh dosis arang aktif, pengadukan juga mempengaruhi waktu singgung. Pengadukan dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada partikel arang aktif untuk bersinggungan dengan senyawa serapan.

2.3 Logam Berat

2.3.1 Definisi

Logam berat adalah unsur-unsur kimia dengan bobot jenis lebih besar dari 5 g/cm^3 , terletak di sudut kanan bawah sistem periodik, mempunyai afinitas yang tinggi terhadap unsur S dan biasanya bernomor atom 22 sampai 92 dari perioda 4 sampai 7 (Miettinen, 1977).

Hg mempunyai densitas $13,55 \text{ g/cm}^3$. Diantara semua unsur logam berat, Hg menduduki urutan pertama dalam hal sifat racunnya, dibandingkan dengan logam berat lainnya, kemudian diikuti oleh logam berat antara lain Cd, Ag, Ni, Pb, As, Cr, Sn, Zn (Waldchuk, 1984).

2.3.2 Toksisitas

Berdasarkan sifat kimia dan fisiknya, maka tingkat atau daya racun logam berat terhadap hewan air dapat diurutkan (dari tinggi ke rendah) sebagai berikut

merkuri (Hg), kadmium (Cd), seng (Zn), timah hitam (Pb), krom (Cr), nikel (Ni), dan kobalt (Co) (Sutamihardja dkk, 1982).

Logam berat juga dapat dikategorikan menjadi tiga menurut Kementerian Negara Lingkungan Hidup Tahun 2010, yaitu toksisitas tinggi, toksisitas sedang, dan toksisitas rendah yaitu:

- A. Toksisitas tinggi menyertai Hg, Cd, Pb, Cu dan Zn
- B. Toksisitas sedang menyertai Cr, Ni, dan Co
- C. Toksisitas rendah menyertai Mn dan Fe

Adanya logam berat di perairan dapat membahayakan baik secara langsung yaitu terhadap kehidupan organisme maupun secara tidak langsung terhadap kesehatan Manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat sifat logam berat yang sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya sulit terurai.

Logam berat juga dapat terakumulasi dalam organisme termasuk kerang dan ikan. Akumulasi dalam organisme ini dapat membahayakan kesehatan manusia yang mengkonsumsi organisme tersebut. Selain itu, logam berat juga mudah terakumulasi di sedimen, sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi dari konsentrasi logam dalam air. Disamping itu sedimen mudah tersuspensi karena pergerakan massa air yang akan melarutkan kembali logam yang dikandungnya ke dalam air membuat sedimen menjadi sumber pencemar potensial dalam skala waktu panjang.

2.3.3 Sumber Bahan Pencemar Logam Berat

Pencemaran logam berat di dunia dapat terjadi dimana saja dari berbagai sumber yang berbeda. Berdasarkan sumber pencemarnya, pencemaran logam berat dapat dikelompokkan menjadi 3, yaitu:

a. Sumber dari Laboratorium

Pada laboratorium, limbah logam berat dapat dihasilkan dari setiap jenis industri yang memiliki laboratorium. Laboratorium industri ini kurang lebih akan menghasilkan limbah logam berat dengan kandungan yang tidak jauh berbeda dari yang dihasilkan industrinya sendiri. Sedangkan untuk laboratorium universitas, logam berat pada limbah yang dihasilkan bergantung pada modul praktikum yang

dilakukan oleh mahasiswa di laboratorium tersebut. Laboratorium kimia analisis, kimia anorganik, dan kimia fisik akan menghasilkan limbah logam berat yang lebih banyak dibandingkan limbah logam berat pada laboratorium biokimia dan laboratorium kimia organik. Hal ini dapat dilihat pada modul-modul praktikum yang dilakukan pada masing masing laboratorium tersebut.

b. Sumber dari Industri

Industri yang berpotensi sebagai sumber pencemaran Pb adalah semua industri yang memakai Pb sebagai bahan baku, misalnya: Industri pengecoran maupun pemurnian. Industri ini menghasilkan timbal konsentrat (*primary lead*), maupun *secondary lead* yang berasal dari potongan logam (*scrap*).

Industri baterai. Industri ini banyak menggunakan logam Pb terutama lead antimony alloy dan lead oxides sebagai bahan dasarnya. Industri bahan bakar. Pb berupa tetra ethyl lead dan tetra methyl lead banyak dipakai sebagai anti knock pada bahan bakar, sehingga baik industry maupun bahan bakar yang dihasilkan merupakan sumber pencemaran Pb. Industri kabel memerlukan Pb untuk melapisi kabel. Saat ini pemakaian Pb di industri kabel mulai berkurang, walaupun masih digunakan campuran logam Cd, Fe, Cr, Au dan arsenik yang juga membahayakan untuk kehidupan makhluk hidup.

c. Sumber dari Transportasi

Hasil pembakaran dari bahan tambahan (*aditive*) Pb pada bahan bakar kendaraan bermotor menghasilkan emisi Pb in organik. Logam berat Pb yang bercampur dengan bahan bakar tersebut akan bercampur dengan oli dan melalui proses di dalam mesin maka logam berat Pb akan keluar dari knalpot bersama dengan gas buang lainnya.

2.4 Adsorben

2.4.1 Karbon Aktif



Gambar 2.4 Karbon Aktif

(sumber: <http://image.made-in-china.com> 5 Mei 2012)

Karbon aktif adalah bentuk karbon yang telah diaktivasi agar memiliki sifat *porous* serta memiliki luas permukaan yang besar, sehingga dapat diaplikasikan untuk proses adsorpsi. Setiap karbon aktif memiliki bentuk dan luas permukaan yang beragam. Terdapat karbon aktif yang berbentuk granula ataupun bubuk yang masing-masing dapat diaplikasikan untuk proses adsorpsi.

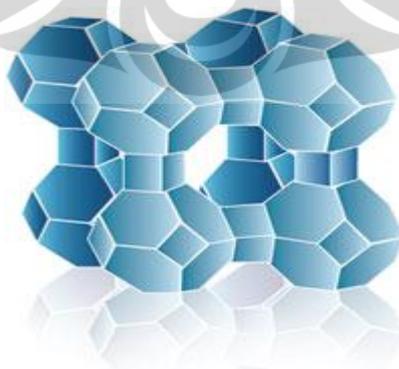
Bahan baku yang berasal dari hewan, tumbuh-tumbuhan, limbah maupun mineral yang mengandung karbon dapat dibuat menjadi arang aktif yaitu dibuat melalui proses pembakaran secara karbonisasi (aktivasi). Dari semua bahan yang mengandung unsur karbon dalam tempat tertutup dan dioksidasi/ diaktifkan dengan udara atau uap untuk menghilangkan hidrokarbon yang akan menghalangi/ mengganggu penyerapan zat organik. Bahan tersebut antar lain tulang, kayu lunak maupun keras, sekam, tongkol jagung, tempurung kelapa, ampas penggilingan tebu, ampas pembuatan kertas, serbuk gergaji, dan batubara.

Adsorpsi pada karbon aktif dapat berupa proses fisika ataupun kimia. Molekul dapat teradsorp dan terjebak oleh gaya antar molekul dengan permukaan karbon aktif. Pada proses ini, gaya yang bekerja ialah gaya Van Der Waals yang tidak terlalu kuat ikatannya namun cukup untuk menahan molekul yang teradsorp di permukaan karbon aktif. Dapat juga terjadi adsorpsi kimia yaitu terjadi ikatan kimia antara molekul teradsorp dengan permukaan karbon aktif, sehingga molekul dapat tertahan dengan ikatan yang cukup kuat.

Karbon aktif memiliki luas permukaan serta ukuran pori yang berbeda untuk setiap jenisnya. Ukuran pori karbon aktif biasa dinyatakan dalam ukuran *mesh*. Luas permukaan dan ukuran pori ini sangat menentukan proses adsorpsi yang mungkin terjadi. Semakin besar luas permukaan suatu karbon aktif, maka semakin besar juga daya adsorpsinya terhadap molekul. Ukuran pori pada karbon aktif menentukan dapat masuk atau tidaknya suatu molekul terhadap pori tersebut. Jika ukuran pori karbon aktif yang tersedia lebih kecil dibandingkan ukuran molekul yang akan diadsorp, maka proses adsorpsi tidak dapat terjadi karena molekul tidak dapat masuk ke dalam pori karbon aktif.

Karbon aktif mempunyai warna hitam, tidak berasa dan tidak berbau, berbentuk bubuk dan granular, mempunyai daya serap yang jauh lebih besar dibandingkan dengan arang yang belum mengalami proses aktivasi, mempunyai bentuk amorf yang terdiri dari plat-plat dasar dan disusun oleh atom-atom karbon C yang terikat secara kovalen dalam suatu kisi yang heksagon. Plat-plat ini bertumpuk satu sama lain membentuk kristal-kristal dengan sisa-sisa hidrokarbon yang tertinggal pada permukaan. Dengan menghilangkan hidrokarbon tersebut melalui proses aktivasi, akan didapatkan suatu arang atau karbon yang membentuk struktur jaringan yang sangat halus atau porous sehingga permukaan adsorpsi atau penyerapan yang besar dimana luas permukaan adsorpsi dapat mencapai $300\text{-}3500\text{ cm}^2/\text{gram}$.

2.4.2 Zeolit



Gambar 2.5 Zeolit

(sumber: <http://www.zeoliteguide.com/zeolite-reflect.jpg> 22 Mei 2012)

Zeolit adalah jaringan terbuka alumino-silikat yang tersusun dari $[AlO_4]^-$ dan $[SiO_4]^-$ dengan perbandingan 1:1 yang diseimbangkan oleh kation atau proton di dalam rongga-nya. Pertukaran kation dapat terjadi di dalam rongga dan pori zeolit sehingga zeolit memiliki kemampuan yang baik untuk mengadsorpsi kation.

Zeolit mempunyai struktur berongga dan biasanya rongga ini diisi oleh air dan kation yang bisa dipertukarkan serta memiliki ukuran pori yang tertentu. Oleh karena itu zeolit dapat dimanfaatkan sebagai : penyaring molekuler, penukar ion, penyerap bahan. Ion-ion pada rongga atau kerangka elektrolit berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion ini dapat bergerak bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi tergantung dari ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya.

Zeolit mempunyai struktur berongga dan biasanya rongga memiliki ukuran pori yang tertentu. Oleh karena itu zeolit dapat dimanfaatkan sebagai : penyaring molekuler, penukar ion, penyerap bahan dan katalisator. Sifat zeolit meliputi :

1. Dehidrasi.

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

2. Adsorpsi

Zeolit juga mampu memisahkan molekul zat berdasarkan ukuran dan kepolarannya, dimana untuk molekul yang tidak jenuh atau bersifat polar akan lebih mudah lolos daripada molekul yang jenuh atau tidak polar.

3. Penukar ion

Ion-ion pada rongga atau kerangka elektrolit berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion ini 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. Penukaran kation dapat menyebabkan perubahan beberapa sifat zeolit seperti stabilitas terhadap panas, sifat adsorpsi dan aktifitas katalis.

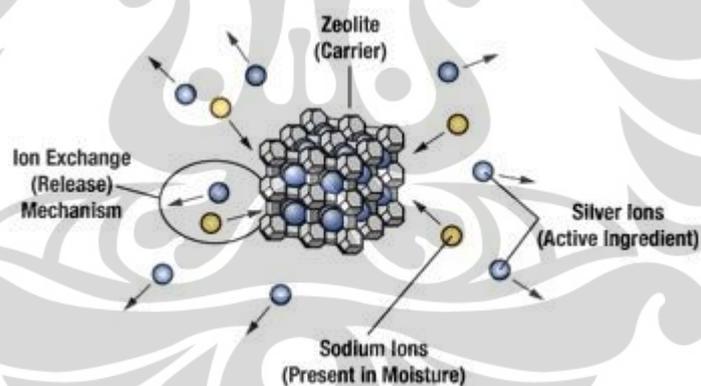
4. Katalis

Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai pori-pori yang besar dengan permukaan yang maksimum.

5. Penyaring atau pemisah

Volume dan ukuran garis tengah ruang hampa dalam kisi-kisi kristal menjadi dasar kemampuan zeolit untuk bertindak sebagai penyaring molekul. Molekul yang berukuran kecil dapat melintas sedangkan yang berukuran besar dari ruang hampa akan ditahan atau ditolak.

Ketika zeolit digunakan sebagai adsorben logam berat, proses adsorpsi berlangsung pada rongga zeolit yang ada. Rongga zeolit yang berisi air ini dapat menahan kation logam dengan gaya elektrostatisnya karena rongga zeolit memiliki muatan negatif dan kation logam memiliki muatan positif. Gaya elektrostatis tarik-menarik antara muatan positif dan negatif inilah yang menahan kation logam di dalam rongga zeolit. Pada rongga zeolit ini dimungkinkan terjadi pertukaran kation, dimana kation yang sebelumnya berada pada rongga zeolit tergantikan oleh kation lain.



Gambar 2.6 Pertukaran kation pada zeolit

Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi sifat tukar kation yang dimiliki oleh zeolit, yaitu:

- Kation (Jenis kation, Ukuran, Jumlah muatan, terhidrat/anhidrat)
- Suhu
- Konsentrasi kation dalam larutan
- Pasangan anion dari kation dalam larutan
- Pelarut
- Karakter dari kerangka zeolit (Ukuran pori)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Penelitian Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia yang dimulai dari bulan Januari sampai dengan Mei 2012.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat Proses

Peralatan laboratorium yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

- a. Beaker Plastik 300 mL
- b. Beaker Glass 300 mL
- c. Beaker Glass 500 mL
- d. Pipet Volumetri 50 mL
- e. Labu Ukur 1 L
- f. Labu Ukur 100 mL
- g. Buret 50 mL
- h. *Magnetic Stirrer*
- i. Batang Pengaduk
- j. Corong
- k. Ring Stand

3.2.2 Alat Uji

Alat uji yang digunakan untuk analisa dalam penelitian ini adalah *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) Shimadzu-6300.

3.2.3 Bahan

a. Padatan NaOH *grade* aplikasi

b. Padatan Na₂S *grade* aplikasi

c. Padatan Na₂CO₃ *grade* aplikasi

d. Aquades

e. Karbon Aktif Komersial A dan B

Merupakan karbon aktif yang mudah didapatkan di pasaran dan sering digunakan secara umum.

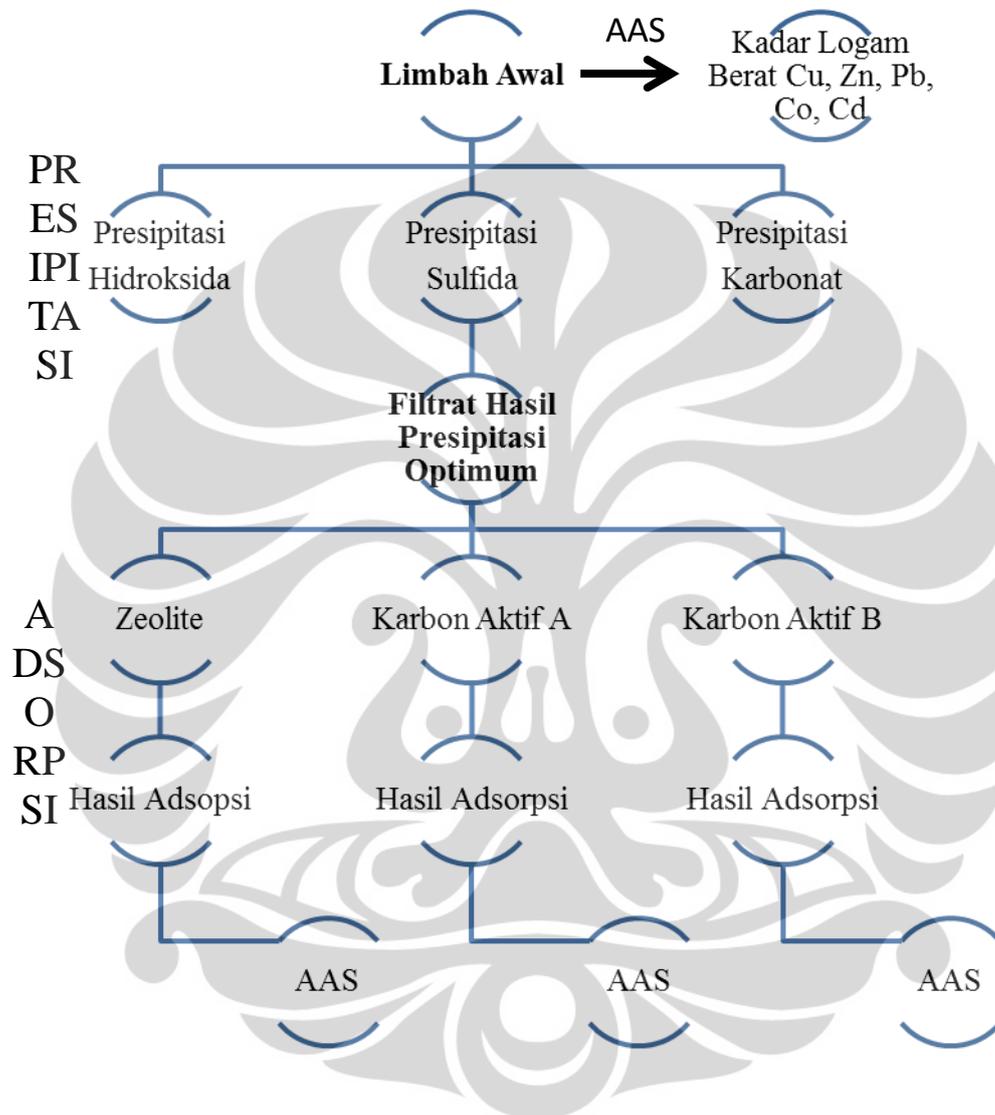
f. Zeolit Komersial

Merupakan padatan zeolit yang mudah didapatkan di pasaran dan sering digunakan secara umum.

g. Sampel Limbah Cair Laboratorium

Sampel limbah cair laboratorium dikumpulkan dari laboratorium kimia fisik, kimia anorganik, dan afiliasi Departemen Kimia FMIPA UI hingga volume ± 50 L dalam kurun waktu 3 bulan pada bulan Oktober – Desember 2011

3.3 Flow Chart



3.4 Prosedur kerja

3.4.1 Pengambilan dan Penyimpanan Sampel Limbah

Sampel limbah dikumpulkan dengan mengambil hasil tampungan praktikum yang dilakukan pada laboratorium afiliasi, kimia fisik, dan kimia anorganik Departemen Kimia FMIPA UI. Limbah cair laboratorium kemudian

ditampung pada suatu wadah plastik dan diaduk hingga *homogen*. Limbah cair laboratorium disimpan dengan ditutup rapat.

3.4.2 Pengukuran Kadar Logam Sampel Limbah

Sampel limbah cair laboratorium yang telah *homogen* diambil 100 mL untuk diukur kandungan logam berat di dalamnya. Dilakukan *pre-treatment* destruksi dengan asam pekat HNO_3 2-3 tetes dan pemanasan 80°C selama 1 jam.

Sampel limbah cair laboratorium diukur kadar logam beratnya untuk parameter logam berat Cu (*Copper*), Co (*Cobalt*), Cd (*Cadmium*), Pb (*Lead*), dan Zn (*Zinc*) dengan menggunakan instrumen AAS (*Atomic Absorbtion Spectrophotometer*).

3.4.3 Presipitasi Dengan Hidroksida (NaOH)

- Disiapkan 100 mL sampel limbah di dalam beaker plastik 300 mL
- Ditambahkan NaOH 1 M pada sampel dengan buret diatas pengadukan magnetik
- Penambahan dilakukan hingga pH larutan mencapai pH yang diinginkan
- Dilakukan variasi pH yaitu : pH 3, 5, 7, 9, dan 11
- Campuran dalam beaker ditutup dengan alumunium foil dan didiamkan selama satu hari
- Filtrat dipisahkan dengan endapan dengan bantuan kertas saring
- Filtrat diukur kadar logam beratnya dengan menggunakan instrument AAS (*Atomic Absorbtion Spectrophotometer*)

3.4.4 Presipitasi Dengan Sulfida (Na_2S)

- Disiapkan 100 mL sampel limbah di dalam beaker plastik 300 mL
- Ditambahkan padatan Na_2S yang sudah ditimbang pada sampel sambil dilakukan pengadukan magnetik
- Dilakukan variasi penambahan padatan Na_2S yaitu: 5, 15, 25, 35, 45, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350 mg

- Campuran dalam beaker ditutup dengan alumunium foil dan didiamkan selama satu hari
- Filtrat dipisahkan dengan endapan dengan bantuan kertas saring
- Filtrat diukur kadar logam beratnya dengan menggunakan instrument AAS (*Atomic Absorbtion Spectrophotometer*)

3.4.5 Presipitasi Dengan Karbonat (Na_2CO_3)

- Disiapkan 100 mL sampel limbah di dalam beaker plastik 300 mL
- Ditambahkan padatan Na_2CO_3 yang sudah ditimbang pada sampel sambil dilakukan pengadukan magnetik
- Dilakukan variasi penambahan padatan Na_2CO_3 yaitu: 5, 15, 25, 35, 45, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350 mg
- Campuran dalam beaker ditutup dengan alumunium foil dan didiamkan selama satu hari
- Filtrat dipisahkan dengan endapan dengan bantuan kertas saring
- Filtrat diukur kadar logam beratnya dengan menggunakan instrument AAS (*Atomic Absorbtion Spectrophotometer*)

3.4.6 Persiapan Sampel Adsorpsi

Setelah proses variasi presipitasi dilakukan, dan ditentukan presipitan yang optimum serta dosis penambahan yang optimum untuk mengurangi kadar logam berat pada sampel limbah cair laboratorium. Kemudian dilakukan presipitasi dengan presipitan dan jumlah yang optimum terhadap sampel limbah 1000 mL dalam beaker glass 2 L dengan pengadukan magnetik. Kemudian beaker glass ditutup dengan alumunium foil dan didiamkan selama 1 hari untuk kemudian diuji kadar logam beratnya dengan instrumen AAS (*Atomic Absorbtion Spectrophotometer*).

Sampel limbah hasil presipitasi ini menjadi sampel limbah cair untuk *treatment* adsorpsi yang selanjutnya dilakukan.

3.4.7 Adsorpsi Sampel Limbah Cair dengan Karbon Aktif

- Disiapkan padatan karbon aktif yang telah ditimbang beratnya di dalam beaker plastik 300 mL
- Dilakukan variasi jumlah karbon aktif yang digunakan, yaitu: 5, 10, 15, 20, 25 g
- Ditambahkan 100 mL sampel limbah ke dalam beaker
- Campuran diaduk dengan pengadukan magnetik selama satu jam
- Campuran dalam beaker ditutup dengan alumunium foil dan didiamkan selama satu hari
- Filtrat dipisahkan dengan endapan dengan bantuan kertas saring
- Filtrat diukur kadar logam beratnya dengan menggunakan instrument AAS (*Atomic Absorbtion Spectrophotometer*)

3.4.8 Adsorpsi Sampel Limbah Cair dengan Zeolit

- Disiapkan padatan zeolit yang telah ditimbang beratnya di dalam beaker plastik 300 mL
- Dilakukan variasi jumlah zeolit yang digunakan, yaitu: 5, 10, 15, 20, 25 g
- Ditambahkan 100 mL sampel limbah ke dalam beaker
- Campuran diaduk dengan pengadukan magnetik selama satu jam
- Campuran dalam beaker ditutup dengan alumunium foil dan didiamkan selama satu hari
- Filtrat dipisahkan dengan endapan dengan bantuan kertas saring
- Filtrat diukur kadar logam beratnya dengan menggunakan instrument AAS (*Atomic Absorbtion Spectrophotometer*)

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Sampel Limbah Cair Laboratorium

Dalam tahapan awal, penelitian sampel limbah cair laboratorium dikumpulkan dengan menampung buangan limbah air dari laboratorium kimia fisik, laboratorium afiliasi, dan laboratorium anorganik dalam tenggang waktu satu semester. Sampel limbah cair laboratorium dikumpulkan lalu dicampurkan dalam satu wadah plastik dan diaduk. Pengadukan ini bertujuan agar sampel limbah yang dikumpulkan menjadi rata dan homogen. Sampel Limbah Air Laboratorium yang dikumpulkan berwarna hijau-kebiruan pekat dan sedikit memiliki kekentalan (Gambar 4.1).

Karena limbah yang dikumpulkan memiliki bau yang cukup pekat, sehingga perlu ditampung dan ditutup dengan rapat agar tidak menyebabkan pencemaran terhadap udara sekitar. Penampungan sampel air limbah laboratorium pada penelitian ini dilakukan dalam wadah bak plastik, wadah penampung disimpan tertutup rapat diluar laboratorium dan diberi label agar aman dan disertakan juga gayung pengaduk untuk memudahkan melakukan pengadukan serta pengambilan sampel.

Pengumpulan sampel limbah cair laboratorium yang dilakukan mendapatkan ± 50 L limbah cair laboratorium. Sampel limbah ini memiliki pH $\pm 2,4$. Cukup rendahnya pH dalam sampel limbah dapat menyebabkan logam berat terlarut dalam sampel, sehingga kadarnya akan tetap terkait dengan lebih larutnya logam berat dalam pH asam.



Gambar 4.1 Sampel limbah cair laboratorium dalam beaker glass

Pre-treatment destruksi dilakukan terhadap sampel limbah air sebelum di ukur kadarnya dengan instrument AAS (*Atomic Absorbtion Spectrophotometer*) agar padatan yang terdapat dalam limbah dapat larut dan pengukuran dengan instrumen dapat berjalan dengan baik. Data kadar logam berat yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kadar logam berat dalaml limbah cair laboratorium

Logam	Kadar Awal (ppm)	Baku Mutu Air Limbah Laboratorium* (ppm)
Cu	139,35	2
Zn	33,63	10
Pb	6,70	1
Co	27,37	-
Cd	0,46	0,1

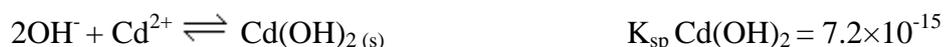
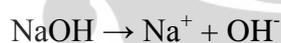
*Baku mutu buangan air limbah menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.3 Tahun 2010 tentang baku mutu limbah cair

Dari hasil pengukuran untuk logam-logam berat, didapat bahwa kadar logam berat Cu (*Copper*), Pb (*Lead*), Co (*Cobalt*), Cd (*Cadmium*), dan Zn (*Zinc*) berada diatas ambang batas kualitas buangan air limbah.

sehingga sangat diperlukan pengolahan untuk mengurangi kadar logam berat terlarut di dalam air limbah sebelum air limbah dapat dibuang ke lingkungan. Baku mutu buangan air limbah bagi kawasan laboratorium diatur dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.3 Tahun 2010 tentang baku mutu limbah cair. Dalam penelitian ini, baku mutu yang ditetapkan sebagai standar inilah yang menjadi tujuan dilakukannya presipitasi dan adsorpsi terhadap sampel limbah, untuk mengetahui metode presipitasi dan adsorpsi yang optimal yang mampu menghasilkan buangan air limbah yang sesuai dengan baku mutu.

4.2 Presipitasi Logam Berat Dengan Hidroksida

Pada penelitian, presipitasi logam berat dengan hidroksida dilakukan dengan menggunakan NaOH 1 M sebagai *precipitating agent* untuk mengendapkan kation logam berat. NaOH sebagai *precipitating agent* hidroksida yang mudah didapatkan di pasaran dan mudah untuk disimpan dan digunakan, sehingga dalam proses presipitasi hidroksida umum, sering digunakan NaOH sebagai *precipitating agent*-nya. Penambahan NaOH pada sampel limbah cair akan sebanding dengan meningkatnya pH air limbah yang akan semakin basa karena jumlah OH⁻. OH⁻ dari NaOH yang ditambahkan akan bereaksi dengan kation logam yang terdapat pada sampel limbah cair dan mengendapkan kation logam berat yang terkandung sebagai logam hidroksida-nya.



Meningkatnya pH yang sebanding dengan penambahan NaOH menggambarkan jumlah hidroksida yang dapat mengendapkan kation logam, sehingga dapat dibuat grafik jumlah logam terlarut yang tersisa setelah pengendapan terjadi yang dihubungkan dengan fungsi pH.

Penambahan *precipitating agent* hidroksida akan menciptakan endapan logam-hidroksida seperti yang terdapat pada kesetimbangan diatas. Pada penelitian, proses terbentuknya endapan setelah penambahan NaOH berlangsung cepat. Endapan terbentuk tidak lama setelah penambahan selesai dilakukan. Hal ini dapat dilihat dari berubahnya warna larutan dan munculnya endapan pada dasar *beaker glass*. Setelah didiamkan selama satu hari, endapan dan air dipisahkan dengan dekantasi dan penyaringan, kertas saring mampu menahan partikel-partikel endapan yang mengambang dalam campuran sehingga hasil penyaringan akan berupa filtrat cairan.

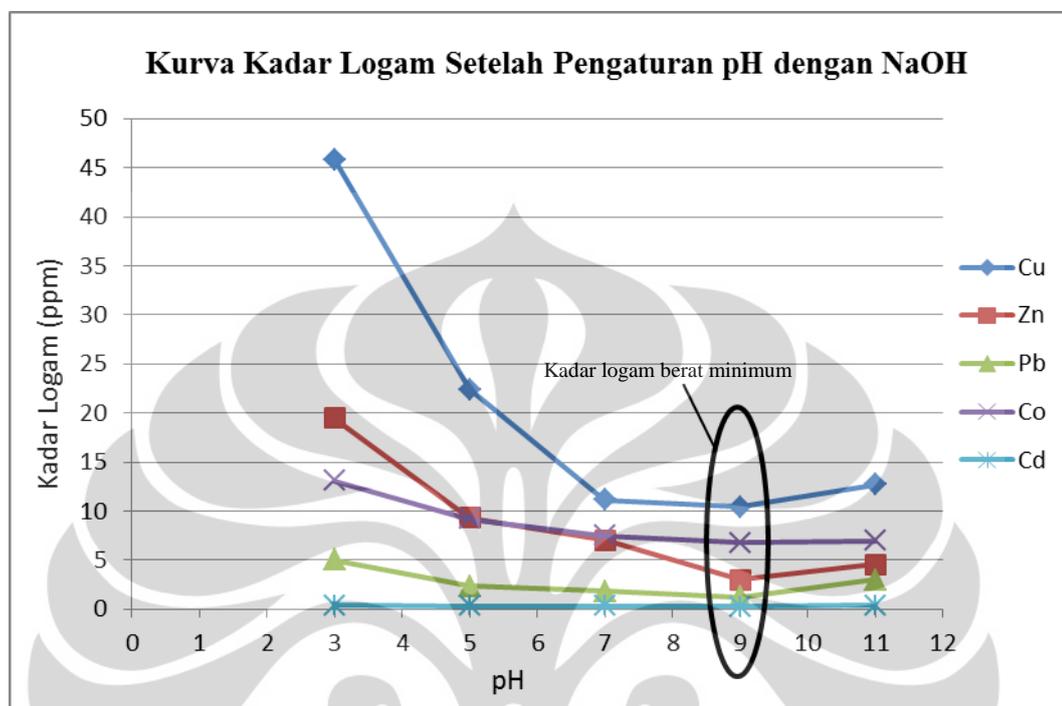
Air hasil penyaringan setelah proses presipitasi memiliki warna yang bervariasi untuk setiap pH, dimana pada pH semakin tinggi, air yang dihasilkan terlihat lebih jernih dengan warna yang kekuningan. Filtrat hasil penyaringan ini kemudian diukur kadar logam beratnya untuk logam Cd, Co, Cu, Pb, dan Zn. Data hasil pengukuran dengan AAS (*Atomic Absorbtion Spectrophotometer*) dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Tabel kadar logam berat dalam air hasil presipitasi hidroksida

Logam	Kadar Logam Setelah Pengaturan pH dengan NaOH (ppm)					
	Kadar Awal	pH 3	pH 5	pH 7	pH 9	pH 11
Cu	139,35	45,87	22,42	11,11	10,43	12,66
Zn	33,63	19,43	9,33	7,01	2,99	4,56
Pb	6,70	4,98	2,31	1,78	1,22	2,98
Co	27,37	13,07	9,17	7,45	6,79	6,97
Cd	0,46	0,41	0,33	0,33	0,27	0,35

Dari data hasil pengukuran kadar logam berat hasil presipitasi, dapat dibuat grafik yang menghubungkan sisa kadar logam terlarut dengan pH yang dapat dilihat pada gambar 4.2. Grafik menggunakan pH pada sumbu X dan kadar logam

terlarut pada sumbu Y untuk memudahkan melihat kenaikan atau penurunan kadar logam berat terlarut pada sampel setelah presipitasi.



Gambar 4.2 Grafik sisa kadar logam hasil presipitasi hidroksida

Dari grafik dapat dilihat bahwa kadar logam semakin menurun seiring dengan meningkatnya pH. Hal ini dapat dijelaskan karena pada pH yang semakin tinggi, OH^- yang tersedia untuk mengendapkan ion logam semakin banyak sehingga kation logam yang mengendap akan semakin banyak. Pada pH 9 pengendapan berlangsung optimum untuk pengendapan dengan hidroksida dimana sebagian besar logam-logam berat terendapkan dengan baik. Logam berat terendapkan dalam bentuk logam-hidroksida, yaitu Cd^{2+} mengendap sebagai $\text{Cd}(\text{OH})_2$, Cu^{2+} mengendap sebagai $\text{Cu}(\text{OH})_2$, Co^{2+} mengendap sebagai $\text{Co}(\text{OH})_2$, Pb^{2+} mengendap sebagai $\text{Pb}(\text{OH})_2$, dan Zn^{2+} mengendap sebagai $\text{Zn}(\text{OH})_2$. Pada pH 11, kadar logam berat dalam larutan kembali meningkat. Hal ini dapat terjadi karena penambahan OH^- berlebih memiliki potensi membentuk kompleks dengan endapan logam-hidroksida yang akan melarutkan kembali logam hidroksida yang telah mengendap.

Ini berkaitan dengan sifat *amphoter* dari padatan logam-hidroksida yang dapat bereaksi pada pH yang basa yang mengakibatkan logam tersebut larut kembali. Penambahan ion OH^- yang berlebihan dapat membentuk kompleks seperti $[\text{Pb}(\text{OH})_4]^{2-}$ atau $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ yang bersifat larut dalam air.

Pengaturan pH pada presipitasi hidroksida menjadi sangat penting untuk mencegah terbentuknya kompleks logam yang dapat melarutkan kembali endapan yang telah terbentuk. Trend yang dimiliki kelarutan logam berat ini sesuai dengan kelarutan teoritis pada literatur (Ayes, 1994) tentang kelarutan logam berat dalam hidroksida yang juga menunjukkan peningkatan setelah mencapai pH tertentu.

Untuk melihat efektifitas pengendapan yang terjadi, maka dibuat tabel presentase jumlah logam berat terendapkan. Hasil presipitasi hidroksida dibandingkan dengan kadar logam berat awal pada air limbah, sehingga dapat dilihat pH optimum yaitu presentase logam terendapkannya paling besar yang dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Persentase logam berat terendapkan pada presipitasi hidroksida

Logam	Persentase Logam Berat Yang Terendapkan (%)				
	pH 3	pH 5	pH 7	pH 9	pH 11
Cu	67.08	83.91	92.03	92.52	90.91
Zn	42.22	72.26	79.16	91.11	86.44
Pb	25.67	65.52	73.43	81.79	55.52
Co	52.25	66.50	72.78	75.19	74.53
Cd	10.87	28.26	28.26	41.30	23.91

Dapat dilihat bahwa presipitasi hidroksida mampu mengurangi kadar logam berat pada sampel air limbah dan bekerja optimum pada pH 9. Pada pH ini Cu terendapkan sebanyak 92,52%, Cd terendapkan sebanyak 41,30%, Pb terendapkan sebanyak 81,79%, Co terendapkan sebanyak 75,19%, dan Zn terendapkan sebanyak 91,11%. Presipitasi yang paling baik terjadi pada Cu dan Zn dimana hidroksida mampu mengendapkan lebih dari 90% logam Cu dan Zn pada sampel.

4.3 Presipitasi Logam Berat Dengan Sulfida

Presipitasi logam berat dengan sulfida dilakukan dengan menggunakan Na_2S sebagai *precipitating agent* untuk mengendapkan kation-logam berat. Penambahan Na_2S akan menyebabkan adanya reaksi S^{2-} dengan kation logam dan mengendapkan logam sebagai logam-sulfidanya. Selain itu penambahan Na_2S juga akan menyebabkan terjadi hidrolisis pada S^{2-} yang ada dan menyebabkan pH larutan meningkat karena terbentuk OH^- pada larutan. Hal ini juga akan menyebabkan adanya ion hidroksida pada larutan dan memungkinkan terjadi endapan logam hidroksida seperti pada presipitasi dengan hidroksida, namun jumlahnya kecil karena sebagian besar ion sulfida yang ada akan bereaksi mempresipitaskan ion-ion logam terlarut.

Penambahan padatan Na_2S pada sampel limbah akan menyebabkan meningkatnya jumlah ion S^{2-} dalam larutan limbah, yang akan bereaksi dengan kation logam berat pada limbah dan mengendapkan logam berat dalam bentuk logam sulfida dengan reaksi sebagai berikut:

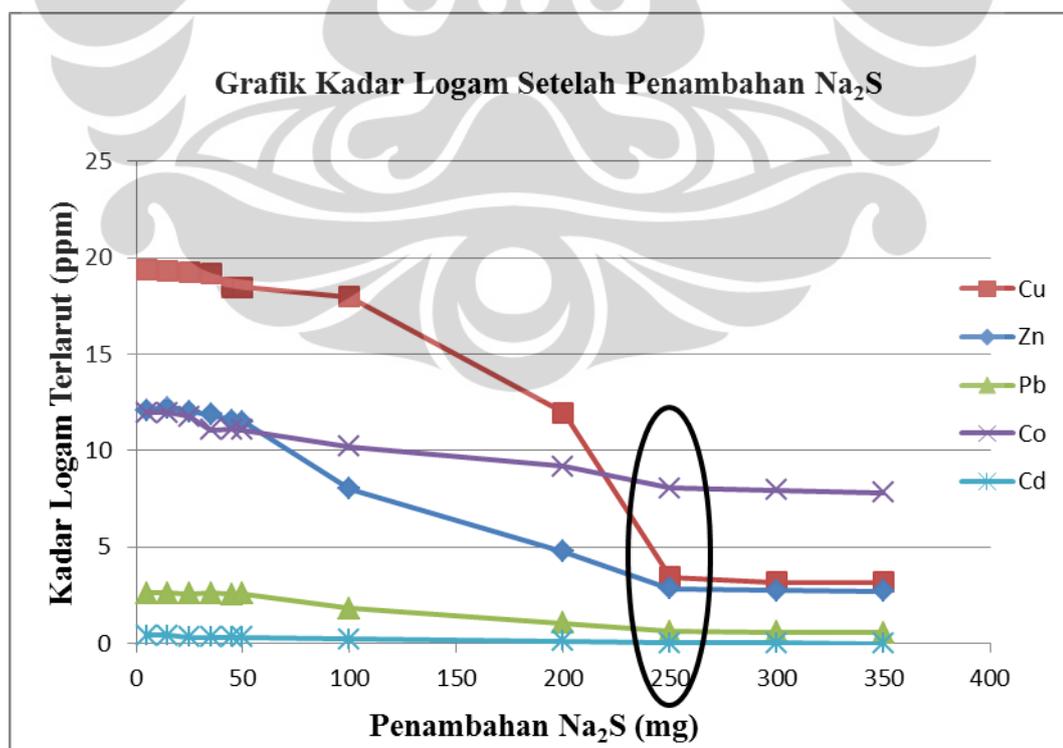


Seiring dengan ditambahkan Na_2S pada sampel limbah cair, konsentrasi S^{2-} dalam campuran akan terus meningkat, sehingga semakin banyak logam yang terendapkan. Filtrat hasil penyaringan dari tahapan pengerjaan ini diukur kadar logam beratnya untuk logam Pb, Cu, Co, Cd, dan Zn. Data hasil pengukuran dengan AAS (*Atomic Absorbion Spectrophotometer*) dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Tabel kadar logam berat dalam air hasil presipitasi sulfida

Na ₂ S (mg)	Kadar Logam (ppm)				
	Cu	Zn	Pb	Co	Cd
0	139.35	33.63	6.70	27.37	0.46
5	19.36	12.11	2.63	11.95	0.43
15	19.34	12.23	2.62	11.98	0.43
25	19.22	12.03	2.59	11.78	0.33
35	19.19	11.88	2.61	11.07	0.34
45	18.43	11.56	2.55	11.11	0.33
50	18.45	11.49	2.57	11.08	0.32
100	17.98	8.02	1.81	10.21	0.24
200	11.98	4.76	1.07	9.19	0.14
250	3.43	2.83	0.61	8.06	0.03
300	3.17	2.75	0.58	6.95	0.03
350	3.18	2.73	0.56	6.82	0.01

Dari data pada Tabel 4.4, dapat dibuat grafik dengan massa penambahan Na₂S sebagai sumbu x dan kadar logam sisa yang terlarut pada sumbu y seperti pada Gambar 4.3 untuk memudahkan melihat penurunan kadar logam berat yang terjadi pada presipitasi sulfida.

**Gambar 4.3** Grafik sisa kadar logam pada presipitasi sulfida

Presipitasi yang terjadi pada presipitasi sulfida berlangsung dengan baik, sebagian besar logam telah mengendap pada penambahan 250 mg, dan pada penambahan 300 mg dan 350 mg pengendapan terus terjadi namun dalam jumlah yang tidak terlalu berbeda signifikan dari penambahan sulfida 250 mg.

Kandungan logam berat setelah presipitasi sulfida cenderung lebih kecil dibandingkan dengan presipitasi hidroksida, karena perbedaan nilai Ksp dari logam-sulfida yang cenderung lebih kecil dan berbeda cukup signifikan untuk hampir semua logam yang diuji. Logam berat Cu, Co, Cd, Pb dan Zn membentuk endapan logam-sulfida dan terendapkan dalam jumlah yang lebih banyak jika dibandingkan dengan presipitasi hidroksida.

Berbeda dengan trend pada presipitasi hidroksida dimana kadar logam berat akan naik kembali pada penambahan berlebih akibat potensi terbentuknya kompleks hidroksida. Endapan logam-sulfida tidak bersifat *amphoter* seperti pada endapan logam-hidroksida. Pada presipitasi sulfida, logam berat yang telah mengendap tidak larut kembali jika ion S^{2-} terus ditambahkan. Keadaan tersebut menjelaskan bahwa presipitasi sulfida tidak menyebabkan terbentuk kompleks logam yang akan melarutkan kembali endapan logam berat yang telah terbentuk. Hal ini sangat baik sehingga presipitasi sulfida dapat dilakukan dengan lebih efektif dibandingkan presipitasi hidroksida yang memerlukan control pH yang teliti.

Untuk melihat efektifitas pengendapan yang terjadi, maka dapat dibuat tabel persentase sisa kadar dalam air hasil presipitasi dibandingkan dengan kadar logam berat awal pada air limbah yang dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Persentase kadar logam berat terendapkan pada presipitasi sulfida

Na ₂ S (mg)	Persentase Logam Berat Yang Terendapkan (%)				
	Cu	Zn	Pb	Co	Cd
5	86.11	63.99	60.75	56.34	6.52
15	86.12	63.63	60.90	56.23	6.52
25	86.21	64.23	61.34	56.96	28.26
35	86.23	64.67	61.04	59.55	26.09
45	86.77	65.63	61.94	59.41	28.26
50	86.76	65.83	61.64	59.52	30.43
100	87.10	76.15	72.99	62.70	47.83
200	91.40	85.85	84.03	66.42	69.57
250	97.54	91.58	90.90	70.55	93.48
300	97.73	91.82	91.34	74.61	93.48
350	97.72	91.88	91.64	75.08	97.83

Dapat dilihat pada Tabel 4.5 bahwa presipitasi sulfida mampu mengurangi kadar logam berat pada sampel air limbah dan bekerja optimum pada penambahan 250 mg. Pada jumlah ini Cu terendapkan sebanyak 97,54%, Pb terendapkan sebanyak 90.90%, Cd terendapkan sebanyak 93.48%, Co terendapkan sebanyak 70,55%, dan Zn terendapkan sebanyak 91,58%. Presipitasi sulfida secara keseluruhan mampu mengendapkan logam lebih banyak dibandingkan presipitasi hidroksida, dimana presipitasi sulfida mampu mengendapkan semua logam berat untuk lebih dari 70% dari kadar awal pada sampel limbah.

4.4 Presipitasi Logam Berat Dengan Karbonat

Pada penelitian, presipitasi logam berat dengan karbonat dilakukan dengan menggunakan Na₂CO₃ sebagai *precipitating agent* untuk mengendapkan kation logam berat. Penambahan padatan Na₂CO₃ menyebabkan adanya ion CO₃²⁻ yang akan bereaksi dengan kation logam berat dan mengendapkan logam sebagai logam-karbonatnya. Selain itu penambahan Na₂CO₃ juga akan menyebabkan terjadinya hidrolisis pada ion CO₃²⁻ yang ada, sehingga pH larutan meningkat karena terbentuk OH⁻ pada larutan. Ion hidroksida pada larutan tersebut dapat berinteraksi dengan kation logam sehingga juga terjadi presipitasi hidroksida yang

jumlahnya kecil karena sebagian besar ion karbonat berinteraksi dengan kation logam dan mengendapkan logam. Kenaikan pH tidak signifikan dikarenakan ion karbonat lebih banyak berinteraksi dengan logam yang jumlahnya besar dalam sampel limbah.

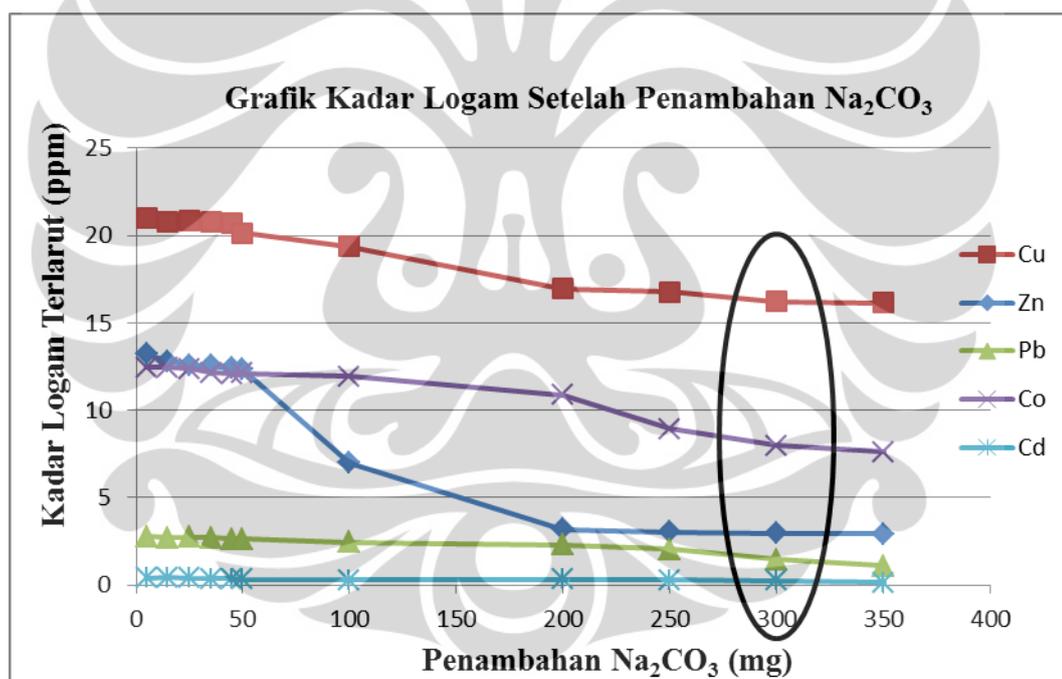
Dalam penelitian ini, penambahan Na_2CO_3 kepada sampel limbah akan menyebabkan meningkatnya jumlah ion CO_3^{2-} dalam campuran, yang akan bereaksi dengan kation logam berat pada limbah dan mengendapkan logam-logam berat dalam bentuk logam-karbonatnya dengan reaksi sebagai berikut:



Seiring dengan ditambahkan Na_2CO_3 pada sampel limbah cair, konsentrasi CO_3^{2-} dalam campuran akan terus meningkat, sehingga semakin banyak logam yang terendapkan. Filtrat hasil penyaringan dari tahapan pengerjaan ini diukur kadar logam beratnya untuk logam Pb, Cu, Co, Cd, dan Zn. Data hasil pengukuran dengan AAS (*Atomic Absorbtion Spectrophotometer*) dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Gambar 4.4.

4.6 Tabel kadar logam berat dalam air hasil presipitasi karbonat

Na ₂ CO ₃ (mg)	Kadar Logam (ppm)				
	Cu	Zn	Pb	Co	Cd
0	139.35	33.63	6.70	27.37	0.46
5	21.01	13.21	2.77	12.44	0.41
15	20.78	12.81	2.71	12.45	0.43
25	20.83	12.57	2.73	12.38	0.41
35	20.80	12.55	2.70	12.14	0.37
45	20.68	12.41	2.63	12.08	0.38
50	20.12	12.34	2.65	12.10	0.34
100	19.35	6.99	2.44	11.92	0.31
200	16.95	3.19	1.98	10.88	0.32
250	16.75	3.03	1.71	8.95	0.29
300	16.22	2.98	1.33	7.99	0.27
350	16.15	2.92	1.33	7.63	0.26



Gambar 4.4 Grafik sisa kadar logam pada presipitasi karbonat

Presipitasi yang terjadi pada presipitasi hidroksida berlangsung dengan baik, namun membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan presipitasi hidroksida dan sulfida dalam membentuk endapan logam. sebagian besar logam telah mengendap pada penambahan 300 mg Na₂CO₃, dan pada penambahan 350

mg pengendapan terus terjadi namun dalam jumlah yang tidak terlalu berbeda signifikan dari penambahan karbonat 300 mg.

Kandungan logam berat setelah presipitasi karbonat tergolong masih cukup besar jika dibandingkan dengan presipitasi sulfida. Dapat dilihat dari konsentrasi Cu yang masih berada diatas 15 ppm, sedangkan presipitasi hidroksida dan presipitasi sulfida mampu menurunkan kadar Cu hingga <10 ppm. Walaupun nilai Ksp dari Cu-karbonat memiliki nilai yang lebih kecil, presipitasi karbonat terlihat kurang efektif jika dalam sampel limbah memiliki banyak kandungan logam yang dapat mengakibatkan adanya kompetisi dalam pengendapan yang terjadi. Ion karbonat dalam larutan berpotensi untuk terhidrolis dan mengakibatkan adanya reaksi lain terjadi pada CO_3^{2-} dalam larutan.



Endapan logam-karbonat juga memiliki sifat *amphoter* seperti halnya pada endapan logam-hidroksida. Namun pada presipitasi yang dilakukan dalam penelitian, endapan logam-karbonat belum larut kembali karena penambahan Na_2CO_3 hingga 350 mg belum menaikkan pH cukup tinggi yang dapat mengakibatkan sifat basa pada larutan yang dapat melarutkan kembali endapan logam menjadi *soluble* kompleks. Penambahan padatan Na_2CO_3 350 mg menyebabkan pH larutan naik mencapai angka $\pm 7,5$. Sifat Na_2CO_3 yang merupakan basa lemah menyebabkan kenaikan pH yang terjadi tidak signifikan. Karena sifat *amphoter* dari endapan logam-karbonat ini, penambahan presipitan karbonat yang berlebihan mengandung resiko larutnya kembali logam-logam yang telah mengendap sehingga diperlukan ketelitian tentang jumlah presipitan yang akan ditambahkan.

Untuk melihat efektifitas pengendapan yang terjadi, maka dapat dibuat tabel persentase sisa kadar dalam air hasil presipitasi dibandingkan dengan kadar logam berat awal pada air limbah yang dapat dilihat pada pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Persentase Kadar logam berat terendapkan pada presipitasi karbonat

Na ₂ CO ₃ (mg)	Persentase Logam Berat Yang Terendapkan (%)				
	Cu	Zn	Pb	Co	Cd
5	84.92	60.72	58.66	54.55	10.87
15	85.09	61.91	59.55	54.51	6.52
25	85.05	62.62	59.25	54.77	10.87
35	85.07	62.68	59.70	55.64	19.57
45	85.16	63.10	60.75	55.86	17.39
50	85.56	63.31	60.45	55.79	26.09
100	86.11	79.21	63.58	56.45	32.61
200	87.84	90.51	70.45	60.25	30.43
250	87.98	90.99	74.48	67.30	36.96
300	88.36	91.14	80.15	70.81	41.30
350	88.41	91.32	80.15	72.12	43.48

Dapat dilihat pada Tabel 4.7 bahwa presipitasi karbonat mampu mengurangi kadar logam berat pada sampel limbah cair dan bekerja optimum pada penambahan 300 mg. Pada jumlah ini ini Cu terendapkan sebanyak 88,36%, Pb terendapkan sebanyak 80,15%, Cd terendapkan sebanyak 41,30%, Co terendapkan sebanyak 70,81%, dan Zn terendapkan sebanyak 91,14%. Presipitasi karbonat mampu mengurangi kadar logam berat dalam sampel limbah cair laboratorium. Logam berat terendapkan lebih dari 40% dari konsentrasi awal.

4.5 Perbandingan Hasil Presipitasi Hidroksida, Sulfida, dan Karbonat

Ketiga presipitasi yang dilakukan dalam penelitian mampu mengurangi kadar logam berat dari sampel limbah, sehingga dari ketiganya dapat dibuat perbandingan dari masing-masing kadar optimum penambahan untuk melihat presipitan yang bekerja paling efektif dalam mengendapkan logam berat dalam sampel limbah cair laboratorium. Nilai perbandingan hasil presipitasi dari presipitasi hidroksida, karbonat dan sulfida dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Perbandingan presentase kadar logam berat terendapkan pada presipitasi sulfida, hidroksida, dan karbonat

Logam Berat	Persentase Logam Berat Yang Terendapkan (%)		
	Sulfida (250 mg)	Hidroksida (pH 9)	Karbonat (300 mg)
Cu	97,54	92,52	88,36
Zn	91,58	91,11	91,14
Pb	90,90	81,79	80,15
Co	70,55	75,19	70,81
Cd	93,48	41,30	41,30
Total	92,54	89,54	85,03

Perbandingan persentase hasil presipitasi pada Tabel 4.8 dapat membantu melihat perbandingan keefektifan presipitasi yang telah dilakukan. Total logam berat dari sampel limbah cair laboratorium mengendap 92,54% pada presipitasi sulfida. Angka ini lebih baik dibandingkan dengan presipitasi hidroksida dan presipitasi karbonat yang mengendapkan total logam berat 89,54% dan 85,03%.

Presipitasi Sulfida dalam penelitian ini mampu bekerja lebih efektif dalam mengendapkan logam berat terlarut yang ada dalam sampel. Hal ini tidak lepas dari angka K_{sp} dari logam-sulfida yang lebih kecil dibandingkan angka K_{sp} logam-hidroksida dan logam-karbonat, sehingga pengendapan terjadi lebih baik pada presipitasi sulfida. Selain itu, endapan logam pada presipitasi sulfida juga tidak memiliki sifat *amphoter* yang dimiliki endapan logam-hidroksida dan logam-karbonat yang dapat melarutkan kembali endapan logam berat sehingga presipitasi sulfida dapat dilakukan dengan penambahan berlebih untuk mencapai angka pengendapan logam yang lebih baik.

Terkait angka pengendapan yang optimum, preparasi sampel adsorpsi dilakukan dengan melakukan presipitasi yang sama seperti pada penambahan Na_2S 250 mg. Sebelum dilakukan perlakuan adsorpsi, terlebih dahulu dilakukan pengolahan sampel limbah awal dengan presipitasi sulfida 250 mg / 100 mL

sampel untuk mendapatkan filtrat hasil presipitasi optimum yang akan dilanjutkan dengan adsorpsi karbon aktif dan zeolit.

4.6 Preparasi Sampel Adsorpsi

Preparasi sampel untuk sampel adsorpsi dilakukan dalam ukuran 1 L sampel limbah laboratorium yang dipresipitasi dengan 2,5 g padatan Na_2S untuk mencapai angka kadar logam terlarut yang mendekati angka optimum yang telah dicapai pada percobaan sebelumnya. Dalam tahapan preparasi ini, presipitasi dilakukan dalam *beaker glass* 2 L diatas pengadukan magnetik sehingga presipitasi dapat terjadi dengan baik. Selanjutnya sampel didiamkan selama satu hari agar pengendapan berlangsung dengan baik dan filtrat dipisahkan dari endapan dengan cara dekantasi dan penyaringan dengan kertas saring. Kertas saring biasa dapat menahan partike padatan logam berat sehingga didapatkan hasil presipitasi yang berupa filtrat cair.

Perbedaan sampel sebelum dan setelah presipitasi dapat dilihat pada Gambar 4.5. terlihat bahwa presipitasi menghasilkan filtrat yang tidak kental seperti sampel awal, dan warna biru-kehijauan berubah menjadi kuning jernih.



Gambar 4.5 Perbandingan sampel awal dengan hasil presipitasi

Filtrat ini sebelumnya diukur terlebih dahulu kadar logam beratnya sebelum digunakan untuk percobaan adsorpsi untuk mengetahui bahwa presipitasi yang

dilakukan dalam 1 L sampel menghasilkan hasil presipitasi yang sama baiknya dengan yang telah dilakukan dalam 100 mL. Dalam penelitian didapatkan nilai konsentrasi logam berat yang sangat mendekati nilai yang sebelumnya dicapai. Hal ini menunjukkan tidak ada perbedaan hasil yang signifikan ketika presipitasi dilakukan dalam skala yang lebih besar. Filtrat ini kemudian menjadi sampel untuk adsorpsi karbon aktif dan zeolite yang akan dilakukan selanjutnya.

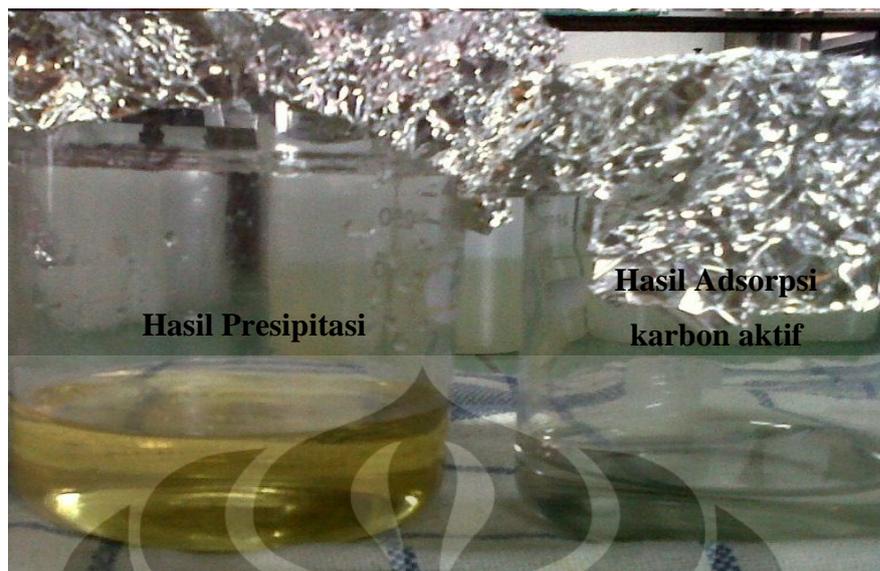
4.7 Adsorpsi Karbon Aktif

Adsorpsi karbon aktif yang dilakukan pada penelitian menggunakan sampel yang telah dipresipitasi sebelumnya dengan presipitasi sulfida optimum. Digunakan dua jenis karbon aktif pada percobaan yaitu:

- Karbon aktif A
- Karbon aktif B

Karbon aktif yang digunakan dalam penelitian adalah karbon aktif komersial yang mudah didapatkan di toko kimia dan banyak digunakan secara umum oleh masyarakat. Karbon aktif A dan karbon aktif B akan dibandingkan hasilnya untuk mengetahui karbon aktif yang lebih efektif untuk digunakan mengolah sampel limbah cair laboratorium. Dalam penelitian dilakukan pengadukan campuran sampel dan karbon aktif selama satu jam yang bertujuan agar interaksi antara sampel dan karbon aktif berlangsung baik dan merata.

Dari filtrat hasil penyaringan terjadi perbedaan kejernihan warna dibandingkan dengan sampel awal. Dapat dilihat bahwa karbon aktif A dan B mampu menjernihkan warna dan bau dari sampel limbah. Perbandingan warna sebelum dan setelah dilakukan adsorpsi karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Perbandingan sampel sebelum dan sesudah adsorpsi karbon aktif

Adsorpsi karbon aktif yang dilakukan mampu menyerap kandungan kandungan di dalam sampel limbah, baik gas maupun partikel, sehingga didapatkan filtrat jernih yang tidak berbau setelah dilakukan adsorpsi karbon aktif. Secara fisik adsorpsi karbon aktif cukup efektif dalam pengolahan sampel limbah cair laboratorium karena bau dan warna yang dihasilkan sangat jernih.

Dari hasil yang diperoleh, tingkat kejernihan semakin baik seiring dengan meningkatnya jumlah massa karbon aktif yang digunakan, baik untuk karbon aktif A maupun karbon aktif B. Hal ini terkait dengan meningkatnya jumlah pori-pori yang tersedia jika karbon aktif ditambahkan, sehingga adsorpsi yang terjadi akan semakin banyak. Karbon aktif B mampu menghasilkan filtrat yang sangat jernih pada penggunaan 20 g karbon aktif, sedangkan karbon aktif A mampu menghasilkan filtrat yang sangat jernih pada penggunaan 25 g karbon aktif. Secara umum dapat disimpulkan bahwa adsorpsi fisik karbon aktif B lebih efektif dibandingkan karbon aktif A.

Dalam penurunan angka logam berat, persentase logam berat yang teradsorpsi oleh kedua karbon aktif dapat dilihat pada Tabel 4.9 dan 4.10.

Tabel 4.9 Persentase logam berat teradsorp pada adsorpsi karbon aktif A

Karbon Aktif A (g)	Persentase Logam Teradsorp (%)				
	Cu	Zn	Pb	Co	Cd
5	77,26	23,67	0,00	3,35	0,00
10	79,88	24,38	0,00	4,96	0,00
15	80,17	24,73	1,64	4,71	0,00
20	79,88	24,03	1,64	5,46	33,33
25	84,55	24,38	0,00	5,83	0,00

Tabel 4.10 Persentase logam berat teradsorp pada adsorpsi karbon aktif B

Karbon Aktif B (g)	Persentase Logam Teradsorp (%)				
	Cu	Zn	Pb	Co	Cd
5	77,26	25,44	4,92	9,31	33,33
10	87,46	27,92	11,48	11,66	33,33
15	93,00	30,04	13,11	11,29	~100
20	~100	34,98	11,48	12,53	~100
25	~100	39,22	19,67	12,16	~100

Perbandingan adsorpsi oleh kedua karbon aktif dapat dilihat dari Tabel 4.9 dan Tabel 4.10. Pada kedua tabel tersebut, dapat dilihat bahwa adsorpsi logam berat oleh karbon aktif B lebih baik dibandingkan adsorpsi oleh karbon aktif A. pada penambahan 25 g karbon aktif, karbon aktif B mampu menyerap 36,90% total logam berat dalam sampel, sedangkan karbon aktif A hanya mampu menyerap 27,14% logam berat dalam sampel.

Jumlah ini menunjukkan nilai adsorpsi yang lebih baik terjadi pada karbon aktif B. Hal ini dimungkinkan terjadi karena luas permukaan karbon aktif B dan jumlah pori-pori yang tersedia pada karbon aktif B lebih banyak dibandingkan pori-pori pada karbon aktif A, sehingga lebih banyak partikel yang dapat terserap oleh karbon aktif B. Karena adsorpsi karbon aktif pada dasarnya bekerja dengan menyerap gas dan zat yang ada di larutan ke dalam pori-pori karbon aktif yang ada, sehingga jumlah gas dan zat dalam larutan berkurang (Sigworth, 1972).

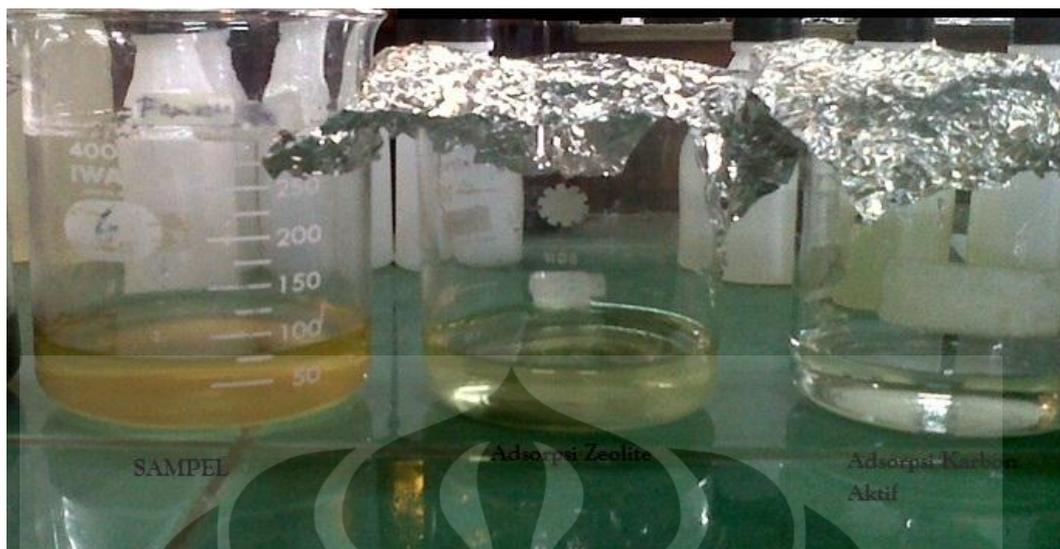
Pada adsorpsi karbon aktif B, logam Cu dan Cd yang terserap mampu mengurangi kadar logam berat sampel hingga dibawah batas deteksi instrumen AAS, yaitu dibawah 0,13 ppm untuk logam berat Cu dan dibawah 0,02 ppm untuk logam berat Cd. Persentase logam berat terserap yang terbesar terjadi pada logam berat Cu dan logam berat Zn, hal ini kemungkinan disebabkan karena ukuran ion dari Cu dan Zn dalam larutan lebih kecil dibandingkan logam berat lainnya, sehingga lebih mudah masuk dan terperangkap didalam pori-pori karbon aktif.

Dengan melihat hasil ini, adsorpsi karbon aktif dalam proses pengolahan limbah cair sangat penting karena selain mampu menyerap logam berat terlarut, karbon aktif juga mampu menjernihkan warna serta bau yang ada dari sampel limbah.

4.8 Adsorpsi Zeolit

Percobaan adsorpsi zeolit dilakukan dengan menggunakan zeolit komersil yang didapatkan dari toko kimia. Zeolit ini merupakan zeolit yang mudah didapatkan di pasaran dan banyak digunakan secara umum. Dilakukan pengadukan magnetik terhadap campuran zeolit dan sampel limbah cair selama 1 jam seperti yang dilakukan pada adsorpsi karbon aktif agar interaksi zeolit dengan sampel limbah berjalan dengan baik.

Filtrat hasil adsorpsi zeolit merupakan filtrat yang lebih jernih dibandingkan sampel awal. Warna kuning dari sampel sedikit menghilang, menghasilkan warna hasil adsorpsi yang lebih jernih yang masih kekuningan. Hasil ini tidak sejernih hasil adsorpsi karbon aktif. Perbandingan fisik hasil adsorpsi zeolit dan karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Perbandingan fisik hasil adsorpsi zeolit dengan sampel awal dan hasil adsorpsi karbon aktif

Filtrat hasil adsorpsi zeolit terlihat lebih bening dibandingkan sampel awal, hal ini menandakan adanya serapan oleh zeolit yang mengurangi zat pemberi warna yang sebelumnya ada dalam sampel awal. Perbedaan warna dari setiap kenaikan massa zeolit yang dilakukan tidak berbeda jauh. Tidak adanya peningkatan kejernihan seperti yang terjadi pada adsorpsi karbon aktif. Selain itu, bau awal dari sampel juga tidak banyak berkurang, tidak seperti pada adsorpsi karbon aktif.

Hal ini terkait dengan ruang-ruang dari alumina-silikat zeolit tidak banyak menyerap gas seperti pada karbon aktif. Secara teori, zeolit lebih mampu menyerap kation yang memiliki muatan positif karena adanya muatan negatif pada rongga zeolit yang berasal dari digantikannya Si^{4+} oleh Al^{3+} pada struktur tetrahedralnya, sehingga mampu menarik kation logam. Muatan negatif dalam pori-pori zeolit juga menjadi sebab zeolit mampu mengalami pertukaran kation yang ada di dalam porinya. (Chojnacki, 2004)

Persentase logam terserap oleh zeolite dalam percobaan dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Persentase logam berat teradsorp pada adsorben zeolite

Zeolite Komersial (mg)	Persentase Logam Teradsorp (%)				
	Cu	Zn	Pb	Co	Cd
5	80,47	21,91	4,92	7,82	0,00
10	81,63	27,56	6,56	10,30	33,33
15	83,97	34,28	6,56	12,16	~100
20	84,26	40,28	11,48	15,76	~100
25	84,26	50,53	16,39	20,22	~100

Dari nilai pada Tabel 4.11, didapatkan bahwa zeolite menyerap 40,51% dari total logam berat dalam sampel. Jumlah ini lebih baik dibandingkan dengan penyerapan logam berat pada karbon aktif A maupun karbon aktif B. Nilai ini menunjukkan bahwa adsorben zeolit lebih efektif dibandingkan karbon aktif untuk menurunkan kadar logam berat dalam sampel limbah cair laboratorium.

Namun jika mengacu pada kejernihan filtrat dan bau dari filtrat, adsorpsi karbon aktif menunjukkan hasil yang lebih baik, yaitu didapatkan filtrat hasil adsorpsi yang lebih jernih serta tidak berbau yang tidak didapatkan pada filtrat hasil adsorpsi zeolit. Hal ini dimungkinkan terjadi karena adsorpsi zat-zat organik jauh lebih baik terjadi pada karbon aktif yang memiliki interaksi lebih baik dengan molekul organik. Pada zeolit, *framework* alumina silikat bersifat hidrofilik, sehingga tidak efektif jika digunakan untuk adsorpsi zat organik. Pori dalam *framework* zeolit lebih mampu menangkap kation logam yang bermuatan positif dibandingkan molekul organik dalam sampel limbah cair.

Zeolit menyerap kation logam berat ke dalam ruang yang dibentuk dari kerangka alumina silikat yang cenderung bermuatan negatif dan membutuhkan adanya kation untuk menyeimbangkan struktur zeolit secara keseluruhan. Hal ini memungkinkan terjadinya pertukaran ion pada ruang ruang zeolite sehingga dapat digunakan untuk menyerap kation logam pada sampel limbah cair laboratorium.

Hasil pengukuran kadar logam setelah adsorpsi zeolit menunjukkan bahwa adsorpsi zeolit berlangsung baik pada penggunaan zeolit 25 g. Terkait dengan turunnya kadar logam berat dalam sampel, dapat dikatakan bahwa perlunya dilakukan adsorpsi zeolit terhadap sampel limbah cair laboratorium untuk

menurunkan kadar logam beratnya dengan lebih efektif dibandingkan dengan adsorpsi karbon aktif.

4.9 Hasil Pengolahan Limbah

Setelah dilakukan presipitasi dan adsorpsi pada sampel limbah cair laboratorium, didapatkan air hasil olahan yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan sampel awal. Dari tampak fisiknya, presipitasi dan adsorpsi mampu menjernihkan sampel limbah yang sebelumnya keruh dan agak kental. Selain itu adsorpsi karbon aktif juga dapat menjernihkan limbah cair hingga menjadi bening dan tidak berwarna serta menghilangkan bau yang sebelumnya ada pada sampel awal limbah. Perbandingan tampak fisik dari limbah awal dengan hasil pengolahan setiap tahapan dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Perbandingan fisik hasil pengolahan limbah dalam penelitian

Dari gambar 4.8, dapat dilihat hasil filtrat setiap tahapan pengolahan limbah yang dilakukan dalam penelitian. Selain dari fisik limbah yang lebih ramah lingkungan, dalam penelitian ini angka logam berat yang terlarut dalam limbah juga mengalami penurunan dibandingkan kadar logam berat pada sampel limbah awal. Perbandingan kadar logam berat sampel limbah awal dibandingkan dengan hasil adsorpsi karbon aktif B serta dibandingkan dengan baku mutu dari Peraturan

Menteri Negara Lingkungan Hidup No.3 Tahun 2010 tentang baku mutu limbah cair dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Kadar logam berat dalam sampel limbah cair laboratorium setelah pengolahan

Logam	Kadar Awal (ppm)	Kadar Setelah Adsorpsi Karbon Aktif B (ppm)	Baku Mutu Air Limbah Laboratorium* (ppm)
Cu	139,35	<0,13	2
Zn	33,63	1,72	10
Pb	6,7	0,49	1
Co	27,37	7,08	-
Cd	0,46	<0,02	0,1

*Baku mutu buangan air limbah menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.3 Tahun 2010 tentang baku mutu limbah cair

Dari Tabel diatas dapat dilihat penurunan kadar logam berat jika dibandingkan dengan sampel awal. Konsentrasi logam berat dalam sampel berkurang secara signifikan dengan pengolahan yang dilakukan dengan metode presipitasi dan adsorpsi. Pengolahan ini dapat menghasilkan air hasil olahan yang mampu memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Hasil ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah dengan metode presipitasi dan adsorpsi mampu menurunkan kadar logam berat dari sampel limbah cair laboratorium dan dapat dijadikan acuan untuk sebuah sistem pengolahan limbah yang aktual terhadap limbah cair laboratorium.

4.10 Rancangan Sistem dan Perkiraan Biaya Yang Dibutuhkan Untuk Sebuah Sistem Pengolahan Limbah Efisien

Berdasarkan hasil pengamatan, metode presipitasi dapat menurunkan kadar logam berat dengan baik dengan presipitan sulfida sebagai presipitan yang lebih baik dibandingkan presipitan hidoksida dan karbonat. Pada adsorpsi, adsorben zeolit dapat menyerap logam lebih banyak dibandingkan karbon aktif, tetapi karbon aktif dapat menjernihkan warna serta menghilangkan bau dari sampel

limbah cair laboratorium. Untuk sebuah sistem pengolahan limbah, kedua adsorben dibutuhkan untuk menghasilkan olahan yang ramah lingkungan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat dirancang sebuah sistem pengolahan limbah seperti pada Gambar 4.9 beserta perhitungan kebutuhan bahan yang akan digunakan untuk membuat sebuah sistem pengolahan limbah cair laboratorium untuk menurunkan kadar logam beratnya. Dalam penelitian, percobaan pengolahan limbah dilakukan dalam sampel 100 mL, sehingga untuk pengolahan setiap 10 liter limbah, dibutuhkan 100 kali dosis yang digunakan dalam percobaan.

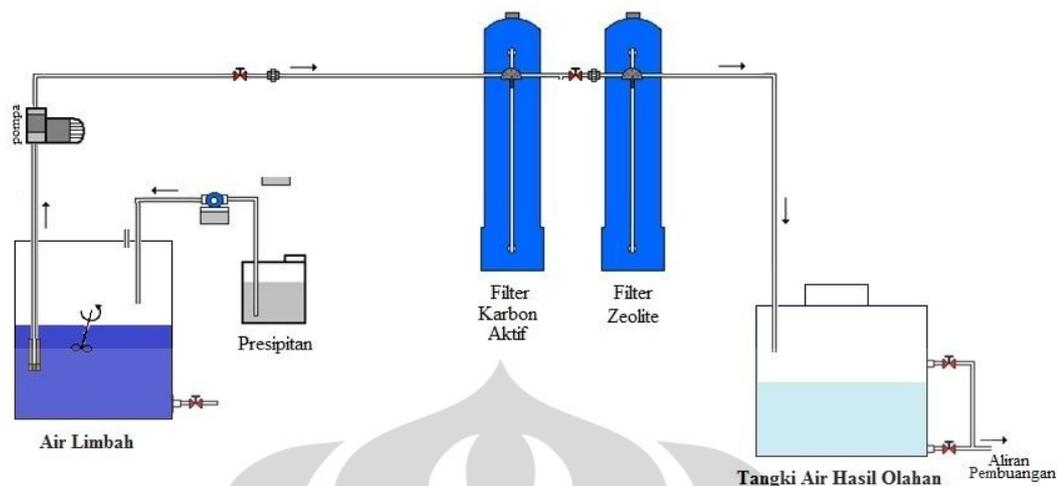
Dari hasil yang telah didapatkan maka dapat ditentukan dosis optimum bagi pengerjaan 100 mL sampel limbah, yaitu:

- 250 mg $\text{Na}_2\text{S}_{(s)}$
- 25 g Karbon aktif B
- 25 g Zeolit

Sehingga dosis yang dibutuhkan untuk mengolah 10 L limbah cair laboratorium ialah:

- 25 g $\text{Na}_2\text{S}_{(s)}$
- 2,5 kg Karbon Aktif B
- 2,5 kg Zeolit

Sebuah sistem pengolahan limbah yang dapat menurunkan kadar logam berat dari limbah cair laboratorium seperti sampel dapat dibuat dengan menyiapkan bahan-bahan diatas sesuai dengan dosisnya, yaitu dilakukan penambahan 25g padatan Na_2S terhadap 10 L limbah cair laboratroiium, kemudian disiapkan filter karbon aktif B dan Zeolite 2,5 kg yang dapat diganti setiap 10 L limbah telah dialirkan.



Gambar 4.9 Rancangan sistem pengolahan limbah cair laboratorium untuk menurunkan kadar logam berat

Sistem tersebut diharapkan mampu menurunkan kadar logam berat dalam limbah cair laboratorium dengan efisien hingga memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.3 Tahun 2010 sehingga menghasilkan hasil olahan yang ramah lingkungan dan dapat dibuang dengan aman ke lingkungan.

Untuk perkiraan biaya yang dibutuhkan untuk sistem tersebut dapat dilihat dalam tabel 4.13.

Tabel 4.13 Perkiraan biaya untuk sebuah sistem pengolahan limbah cair laboratorium

No	Keterangan	Harga	Unit Kebutuhan	Harga Kebutuhan/10 L Limbah
1	Na ₂ S (s)	Rp 16.000,00 / kg	250 g	Rp 4000,00
2	Karbon Aktif B	Rp 28.000,00 / kg	2,5 kg	Rp 70.000,00
3	Zeolit Filter	Rp 5.000,00 / kg	2,5 kg	Rp 15.000,00
			TOTAL	Rp 89.000,00

Perkiraan biaya diatas adalah untuk bahan habis pakai setiap pengolahan 10 L limbah cair laboratorium, yaitu Rp 89.000,00. Penyediaan bahan-bahan diatas diharapkan mampu menurunkan kadar logam berat dari limbah hingga memenuhi baku mutu pemerintah dan menghasilkan air hasil olahan yang ramah lingkungan dalam parameter logam berat.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Presipitasi optimum dicapai dengan penambahan sulfida 250 mg / 100 mL limbah cair. Presipitasi ini dapat menurunkan kadar logam berat sebesar 97,54% untuk Cu, 93,48% untuk Cd, 90,90% untuk Pb, 70,55% untuk Co, 91,58% untuk Zn.
2. Karbon aktif B memberi hasil yang lebih baik dibandingkan karbon aktif A, dengan menjernihkan warna dan bau dari sampel limbah cair laboratorium dan menyerap logam berat total dalam sampel sebesar 36,90%.
3. Zeolit mampu menyerap logam berat total dalam sampel sebesar 40,51%.
4. Pengolahan limbah dengan metode presipitasi dan adsorpsi dapat menghasilkan air hasil olahan yang memenuhi baku mutu buangan limbah untuk parameter logam berat Cu, Cd, Pb, Co, dan Zn.

5.2 Saran

1. Sebaiknya dilakukan percobaan pengolahan limbah dalam bentuk sistem untuk mendapatkan hasil yang dapat segera diaplikasikan terhadap limbah laboratorium.
2. Sebaiknya dilakukan penelitian untuk mengolah limbah dalam parameter pencemar organik dan biologis, sehingga dapat dipadukan dengan penelitian ini untuk mendapatkan sistem pengolahan limbah yang menghasilkan hasil olahan yang sangat baik.

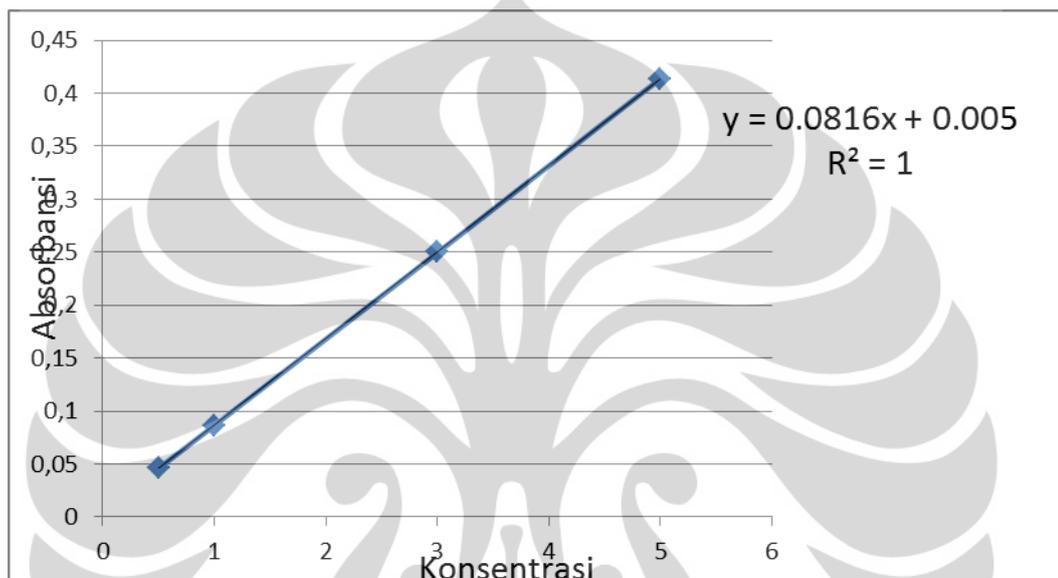
DAFTAR PUSTAKA

- Ayres, David M. 1994. *Removing Heavy Metals From Wastewater*. United States of America: Maryland University.
- Armenante, Piero M. 1997. *Precipitation of Heavy Metals from Wastewater*.
- Chodijah, Siti. 2011. *Pemanfaatan arang batok kelapa dan batubara sebagai karbon aktif untuk meterial penyimpanan hidrogen*. Depok: Universitas Indonesia.
- D. Bhattacharyya and Chen. 1996. *Sulfide Precipitation of Nickel and Other Heavy Metal*. Cincinnati, USA: EPA Research laboratory.
- E. A. Sigworth. 1972. *Adsorption of Inorganic Compound By Activated Carbon*. Norit Americas.
- Handoyo, Kristian S. 2001. *Dasar Dasar Kimia Anorganik Nonlogam*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Haas, C. N. and Vamos, R. J. 1995. *Hazardous and Industrial Waste Treatment*. Prentice Hall: Englewood Cliffs.
- James W. Patterson, Herbert E. Allen, John J. Scala. 1977. *Carbonate Precipitation for Heavy Metals Pollutants*. Chicago. USA: Illinois Institute of Technology.
- Lasut, Robby. 2006. *Implementasi Manajemen Bahan Kimia dan Limbah Laboratorium Kimia*. Semarang: Universitas Dipenogoro.
- Marchioretto, Marina Maya. 1999. *Optimization Of Chemical Dosage in Heavy Metals Precipitation In Anaerobically Digested Sludge*. Netherlands: Wageningen University.
- Pasel, Christopher. 2006. *Heavy Metal Precipitation*. Germany: Duisberg University.
- Robert van Hille, Tamryn Foster, Angela Storey, John Duncan, Alison Lewis. *Heavy metal precipitation by sulphide and bicarbonate*. Cape Town: Cape Town University

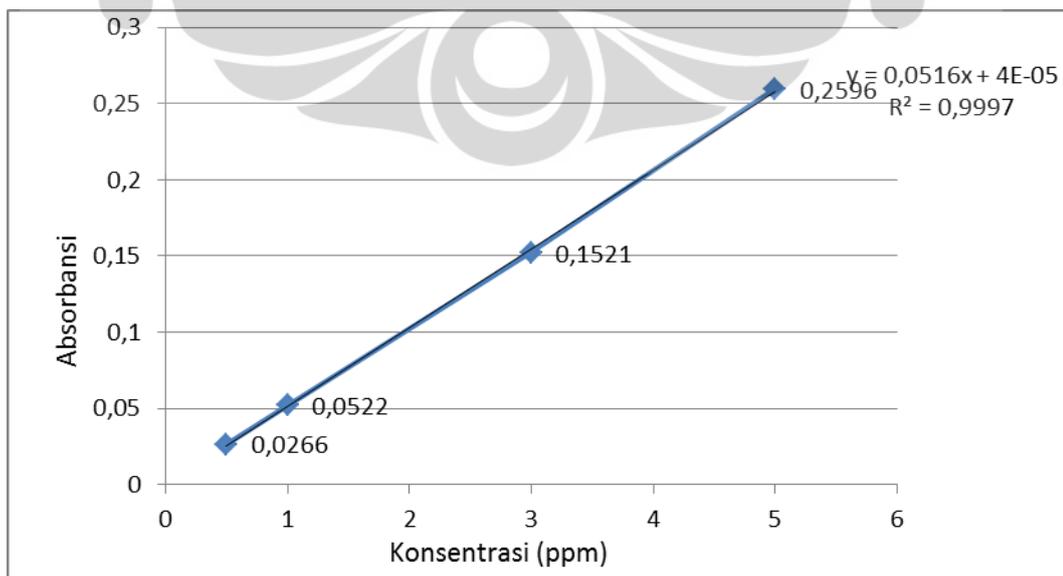
- S.M, Khopkar. 2007. Environmental Pollution Monitoring and Control. New Age International
- Sudarmaji. 2006. Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya Terhadap Kesehatan. Surabaya: Universitas Airlangga
- Sunardi M.Si. 2005. *Presentasi Kuliah Kimia Analisa*. Depok: Departemen Kimia FMIPA UI.
- Sundstrom, D. W. and Klei, H. E. 1979, *Wastewater Treatment*. Prentice Hall: Englewood Cliffs.
- Sastrohamidjojo, Hardjono. 1992. *Atomic Absorption Spectrophotometer*. Liberty, Yogyakarta.
- Wijanto, Sigit Eddie. 2004. *Limbah B3 dan Kesehatan*.
- Wentz, C. W. 1995, *Hazardous Waste Management*, Second Edition. New York: McGraw-Hill.
- <http://files.engineering.com/download.aspx?folder=72dc2393-de04-412e-aac0-0e72014a9c5b&file=adsorption.ppt>. *Aerosol and Particulate Research Lab*. April 27, 2011
- http://ceg.fsv.cvut.cz/ENceg-uvod03_zeolit.htm. Kamis, 20 Januari 2012
- <http://pubpages.unh.edu/~hartercrystal.htm>. Kamis, 20 Januari 2012
- <http://www.physchem.ox.ac.uk/MSDS/PH/phenol.html>. Rabu, 18 Mei 2012
- <http://rtiintl.com/sem-eds.html>. Rabu, 18 Mei 2012
- <http://webmineral.com>. Kamis, 18 Mei 2012

LAMPIRAN 1

Kurva standar Cu pada pengukuran kadar logam berat sampel limbah cair laboratorium

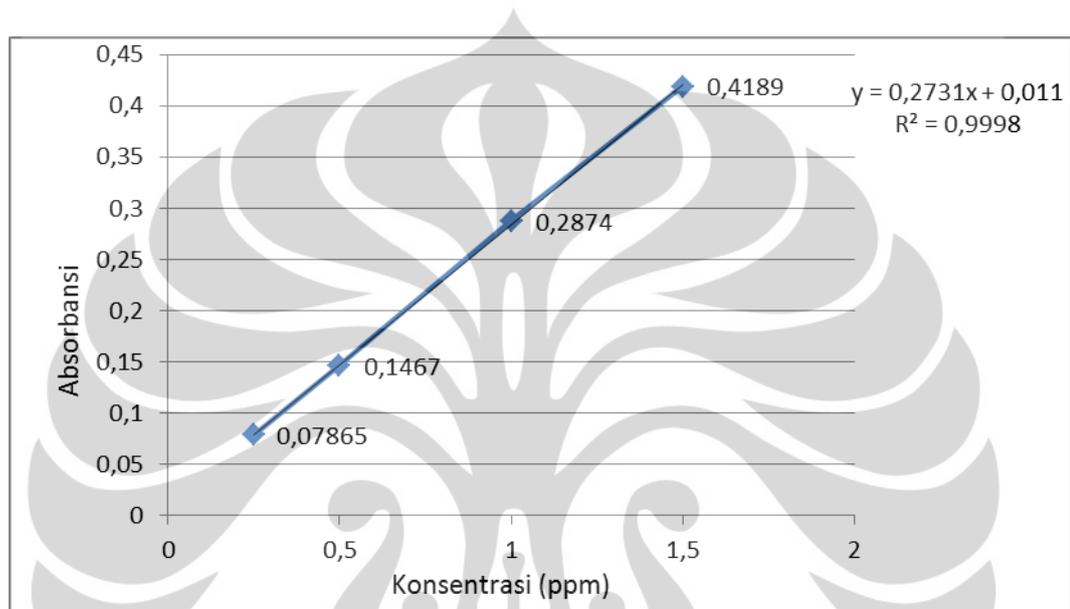


Kurva standar Co pada pengukuran kadar logam berat sampel limbah cair laboratorium

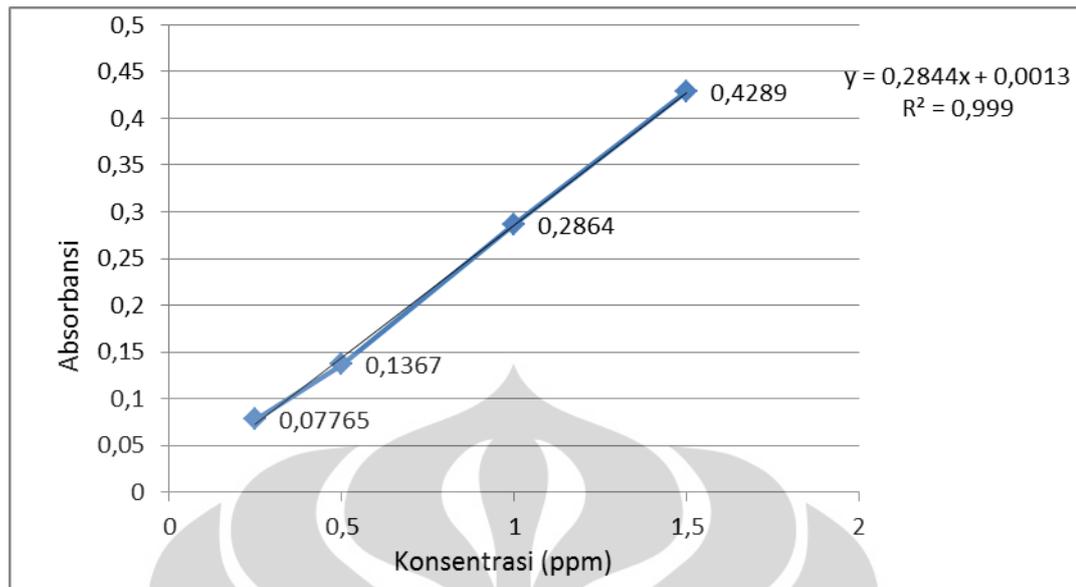


LAMPIRAN 2

Kurva standar Zn pada pengukuran kadar logam berat sampel limbah cair
laboratorium

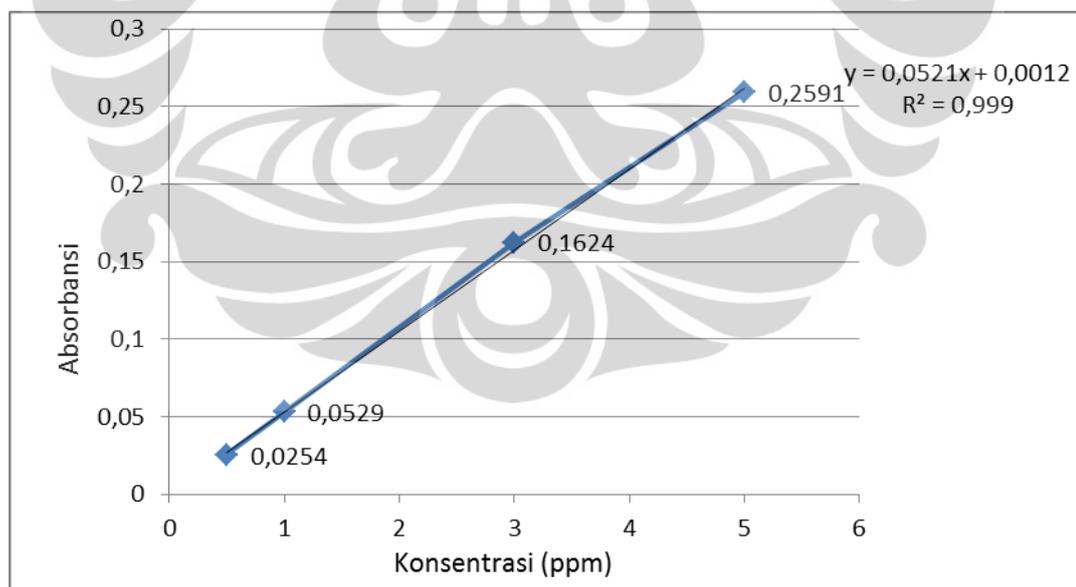


Kurva standar Cd pada pengukuran kadar logam berat sampel limbah cair
laboratorium



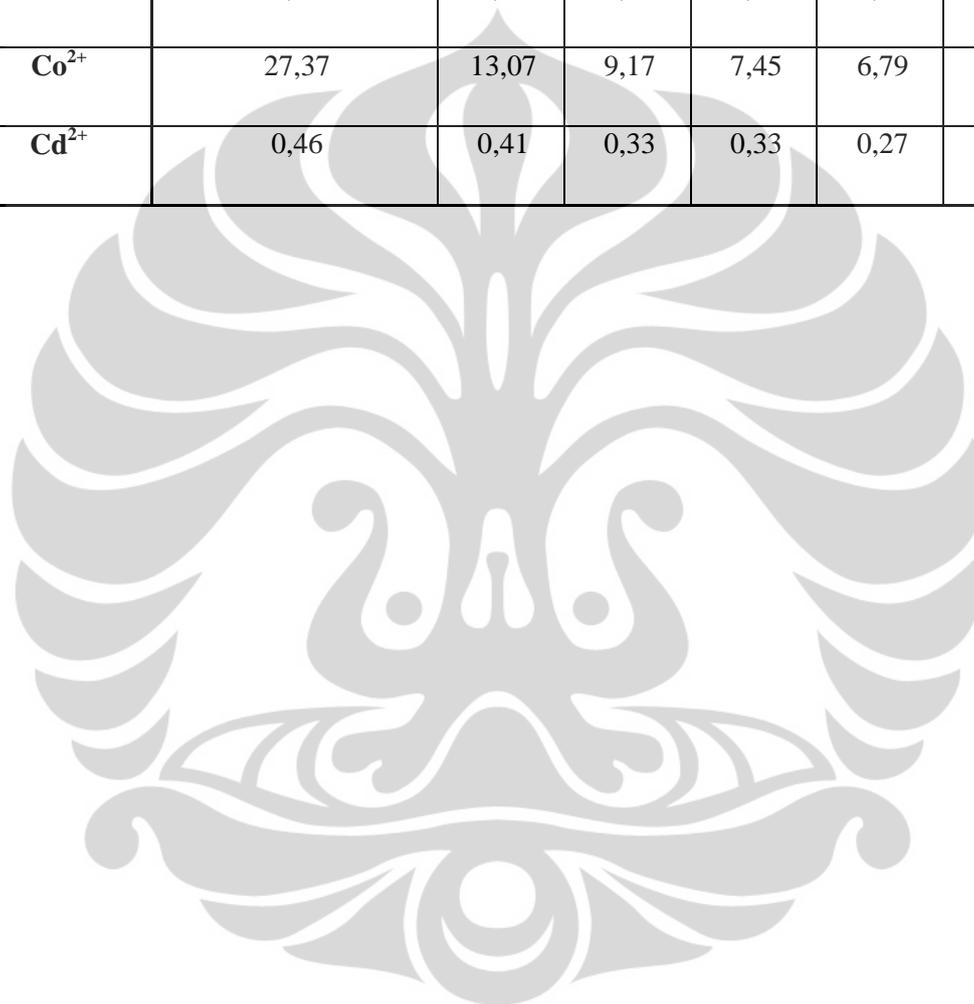
LAMPIRAN 3

Kurva standar Pb pada pengukuran kadar logam berat sampel limbah cair laboratorium



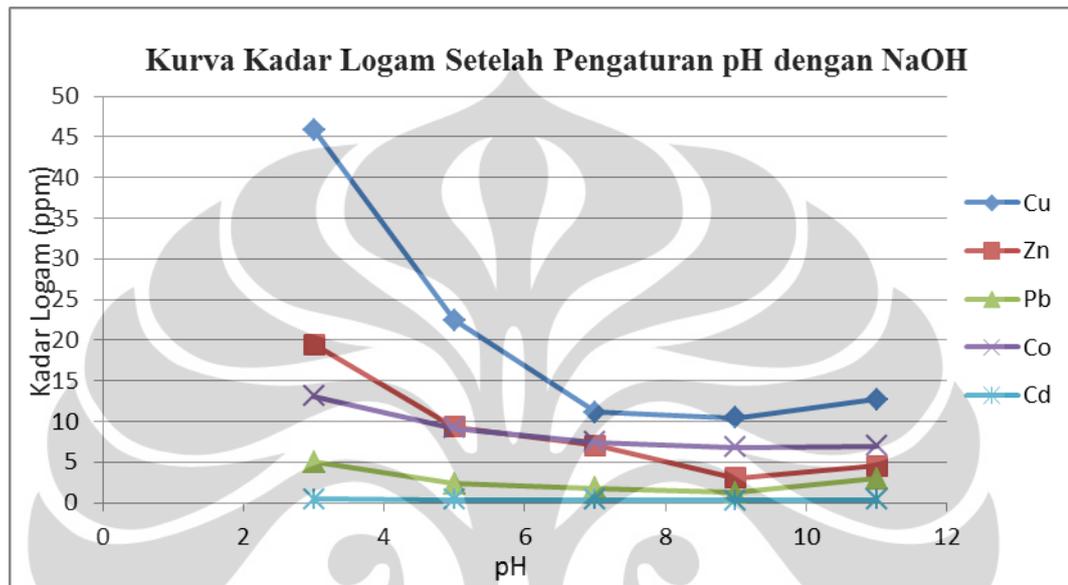
Tabel kadar logam berat setelah presipitasi hidoksida

Logam	Kadar Logam Setelah Pengaturan pH dengan NaOH (ppm)					
	Kadar Awal	pH 3	pH 5	pH 7	pH 9	pH 11
Cu²⁺	139,35	45,87	22,42	11,11	10,43	12,66
Zn²⁺	33,63	19,43	9,33	7,01	2,99	4,56
Pb²⁺	6,70	4,98	2,31	1,78	1,22	2,98
Co²⁺	27,37	13,07	9,17	7,45	6,79	6,97
Cd²⁺	0,46	0,41	0,33	0,33	0,27	0,35



LAMPIRAN 4

Grafik kadar logam yang tersisa setelah presipitasi hidroksida

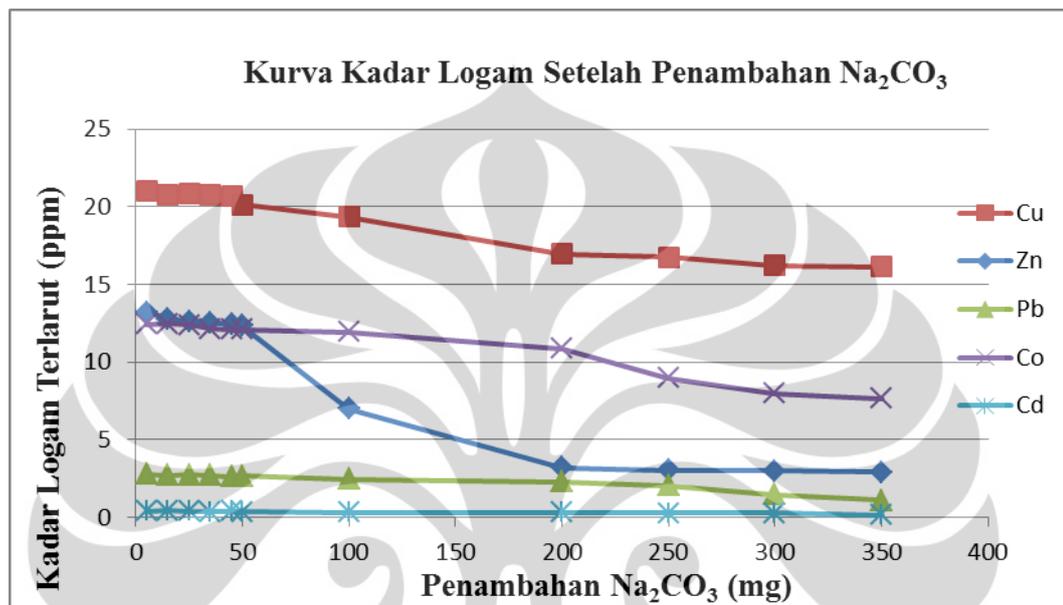


Tabel kadar logam berat setelah presipitasi karbonat

Logam	Kadar Logam Setelah Penambahan Na_2CO_3 (ppm)											
	Kadar Awal	5 (mg)	15 (mg)	25 (mg)	35 (mg)	45 (mg)	50 (mg)	100 (mg)	200 (mg)	250 (mg)	300 (mg)	350 (mg)
Cu^{2+}	139,35	21,01	20,78	20,83	20,8	20,68	20,12	19,35	17	16,75	16,22	16,15
Zn^{2+}	33,63	13,21	12,81	12,57	12,55	12,41	12,34	6,99	3,19	3,03	2,98	2,92
Pb^{2+}	6,70	2,77	2,71	2,73	2,7	2,63	2,65	2,44	2,31	2,04	1,47	1,11
Co^{2+}	27,37	12,44	12,45	12,38	12,14	12,08	12,1	11,92	10,88	8,95	7,99	7,63
Cd^{2+}	0,46	0,41	0,43	0,41	0,37	0,38	0,34	0,31	0,32	0,29	0,27	0,14

LAMPIRAN 5

Grafik kadar logam yang tersisa setelah presipitasi karbonat

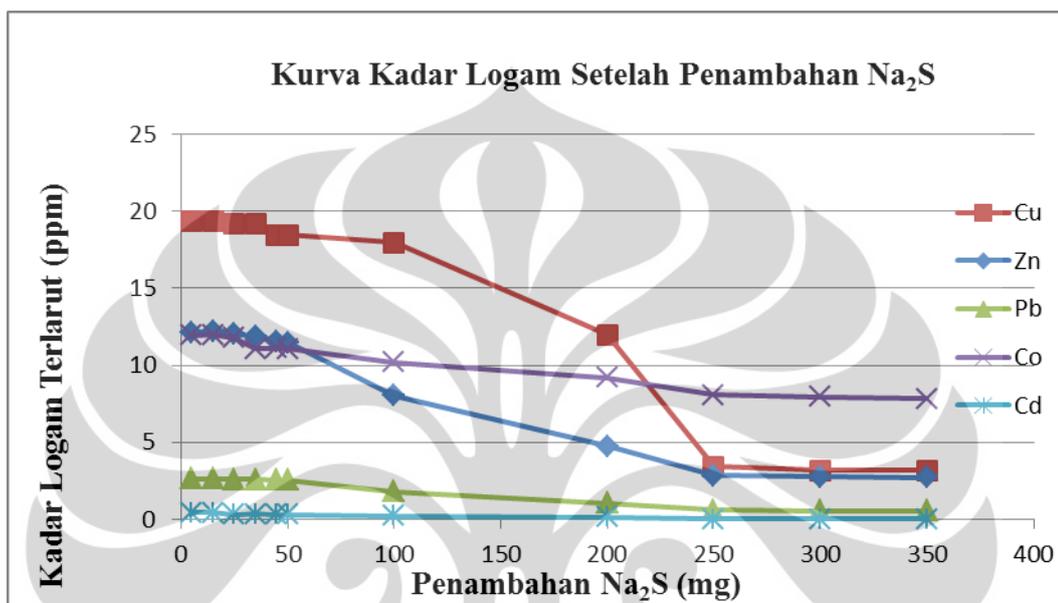


Tabel kadar logam berat setelah presipitasi sulfida

Logam	Kadar Logam Setelah Penambahan Na_2S (ppm)											
	Kadar Awal	5 (mg)	15 (mg)	25 (mg)	35 (mg)	45 (mg)	50 (mg)	100 (mg)	200 (mg)	250 (mg)	300 (mg)	350 (mg)
Cu^{2+}	139,35	19,36	19,34	19,22	19,19	18,43	18,45	17,98	11,98	3,43	3,17	3,18
Zn^{2+}	33,63	12,11	12,23	12,03	11,88	11,56	11,49	8,02	4,76	2,83	2,75	2,73
Pb^{2+}	6,70	2,63	2,62	2,59	2,61	2,55	2,57	1,81	1,07	0,61	0,58	0,56
Co^{2+}	27,37	11,95	11,98	11,78	11,07	11,11	11,08	10,21	9,19	8,06	7,95	7,82
Cd^{2+}	0,46	0,43	0,43	0,33	0,34	0,33	0,32	0,24	0,14	0,03	0,03	0,01

LAMPIRAN 6

Grafik kadar logam yang tersisa setelah presipitasi sulfida



Gambar sampel limbah cair laboratorium



LAMPIRAN 7

Gambar limbah cair laboratorium dan hasil olahan presipitasi



Gambar hasil olahan presipitasi dan hasil adsorpsi karbon aktif dan zeolit

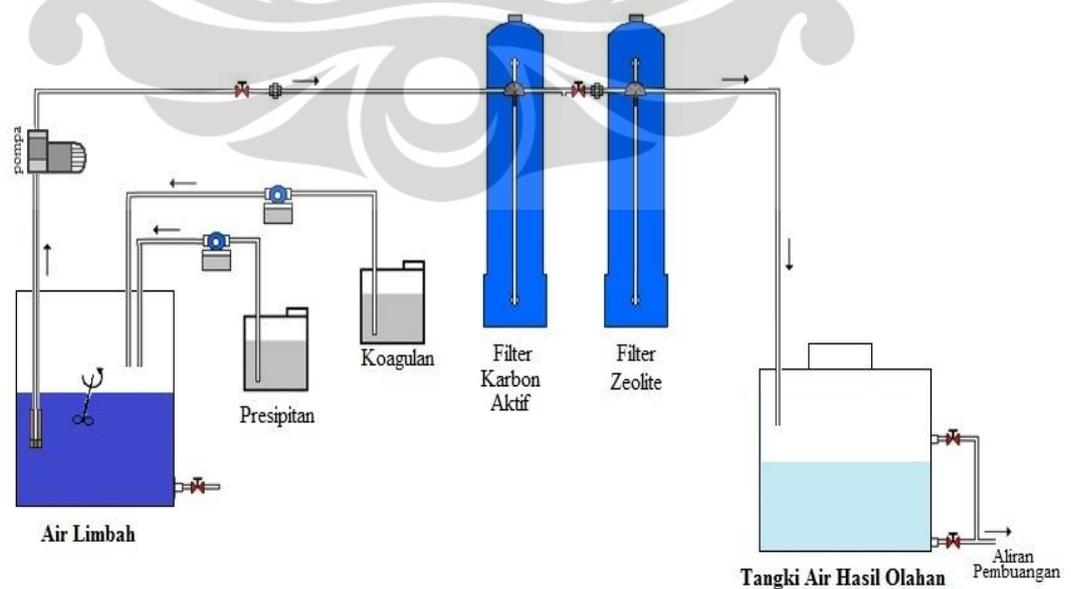


LAMPIRAN 8

Gambar limbah cair laboratorium dengan hasil olahan setiap proses yang dilakukan



Gambar rancangan umum pengolahan limbah cair laboratorium dengan presipitasi, koagulasi, dan adsorpsi



LAMPIRAN 9

Gambar perbandingan warna hasil adsorpsi karbon aktif B



Tabel kadar logam berat setelah adsorpsi karbon aktif A

Karbon Aktif A (mg)	Kadar Logam (ppm)				
	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Pb</i>	<i>Co</i>	<i>Cd</i>
0	3,43	2,83	0,61	8,06	0,03
5	0,78	2,16	0,61	7,79	0,03
10	0,69	2,14	0,61	7,66	0,03
15	0,68	2,13	0,60	7,68	0,03

20	0,69	2,15	0,60	7,62	0,02
25	0,53	2,14	0,61	7,59	0,03



LAMPIRAN 10

Tabel kadar logam berat setelah adsorpsi karbon aktif B

Karbon Aktif B (mg)	Kadar Logam (ppm)				
	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Pb</i>	<i>Co</i>	<i>Cd</i>
0	3,43	2,83	0,61	8,06	0,03
5	0,78	2,11	0,58	7,31	0,02
10	0,43	2,04	0,54	7,12	<0,02
15	0,24	1,98	0,53	7,15	<0,02
20	<0,13	1,84	0,54	7,05	<0,02
25	<0,13	1,72	0,49	7,08	<0,02

Tabel kadar logam berat setelah adsorpsi zeolit

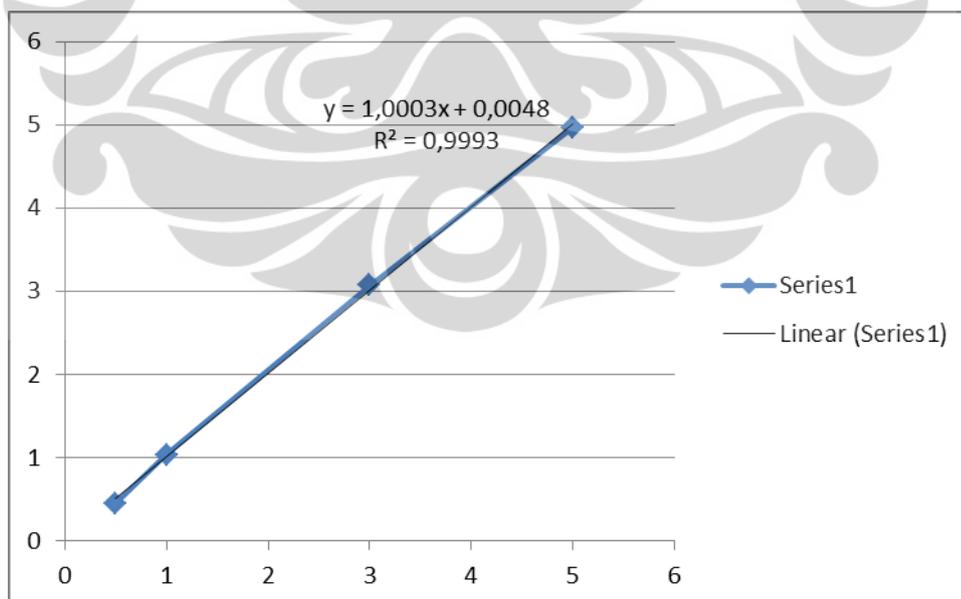
Zeolite Komersial (mg)	Kadar Logam (ppm)				
	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Pb</i>	<i>Co</i>	<i>Cd</i>
0	3,43	2,83	0,61	8,06	0,03
5	0,67	2,21	0,58	7,43	0,03
10	0,63	2,05	0,57	7,23	0,02

15	0,55	1,86	0,57	7,08	<0,02
20	0,54	1,69	0,54	6,79	<0,02
25	0,54	1,40	0,51	6,43	<0,02

LAMPIRAN 11

Kurva Kalibrasi Cu 2

x	y	\hat{y}	$(y-\hat{y})^2$	Sy/x	LOD
0,5	0,4507	0,50495	0,002943		
1	1,0355	1,0051	0,000924		
3	3,0668	3,0057	0,003733		
5	4,9687	5,0063	0,001414		
	9,5217		0,009014	0,047472	0,142372



LAMPIRAN 12

Kurva Kalibrasi Cd 2

x	y	\hat{y}	$(y-\hat{y})^2$	Sy/x	LOD
0,2	0,2099	0,209891	8,1E-11		
0,4	0,3745	0,374491	8,1E-11		
1,2	1,2287	1,228691	8,1E-11		
0,2	1,9869	1,986891	8,1E-11		
	3,8		3,24E-10	1,27E-05	3,82E-05

