



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGOLAHAN LIMBAH CAIR LABORATORIUM KIMIA
DALAM PENURUNAN KADAR ORGANIK SERTA LOGAM
BERAT Fe, Mn, Cr DENGAN METODE
KOAGULASI DAN ADSORPSI**

SKRIPSI

**MIA AZAMIA
0806399823**

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



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGOLAHAN LIMBAH CAIR LABORATORIUM KIMIA
DALAM PENURUNAN KADAR ORGANIK SERTA LOGAM
BERAT Fe, Mn, Cr DENGAN METODE
KOAGULASI DAN ADSORPSI**

**Skripsi diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains**

**Oleh :
MIA AZAMIA
0806399823**

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

Universitas Indonesia

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Mia Azamia

NPM : 0806399823

Tanda Tangan :



Tanggal : 5 Juli 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Mia Azamia

NPM : 0806399823

Program Studi : Kimia

Judul Skripsi : Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Kimia dalam Penurunan Kadar Organik serta Logam Berat Fe, Mn, Cr dengan Metode Koagulasi dan Adsorpsi

Telah mampu untuk memenuhi persyaratan seminar sarjana Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Drs. Sunardi, M.Si

Penguji : Prof. Dr. Soleh Kosela, M.Sc

Penguji : Drs. Erzi Rizal Azwar

Penguji : Dra. Tresye Utari, M.Si

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 5 Juli 2012

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini tepat pada waktunya. Salawat serta salam semoga senantiasa terlimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW yang merupakan suri tauladan bagi kita semua.

Dalam penulisan skripsi ini penulis tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah membantu dan mendukung penulis dalam melaksanakan penelitian dan menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih penulis sampaikan kepada papah, mamah (ayang) tersayang dan kakak yang selama ini selalu mendoakan, mendukung dan memberi semangat penulis hingga penelitian dan penulisan skripsi ini dapat berjalan dengan baik dan lancar.

Ucapan terima kasih yang secara khusus juga penulis sampaikan :

1. Kepada Drs. Sunardi, M.Si selaku pembimbing I atas bantuannya selama penelitian dan penyusunan skripsi yang sangat berarti bagi penulis serta selaku pembimbing akademis atas segala bantuannya sehingga memperlancar proses penelitian dan penyusunan skripsi
2. Kepada Dr. Ridla Bakri selaku ketua Departemen Kimia FMIPA UI
3. Kepada Dra. Tresye Utari, M.Si selaku koordinator penelitian yang telah memberikan kesempatan dan bantuan dalam penelitian
4. Kepada seluruh keluarga penulis yang akan dan selalu mendukung penulis hingga berhasil menyelesaikan skripsi ini
5. Kepada seluruh dosen-dosen kimia UI yang selama ini telah mengajarkan ilmu-ilmu yang sangat bermanfaat bagi penulis
6. Kepada Pak Hedi S., Pak Marji, Pak Hadi, Pak Sutrisno (Babeh), Mbak Ina, Mbak Cucu, Mbak Ema, Mbak Sri, Mbak Eva, Pak Min, Pak Kiri, Mas Asep serta seluruh staf departemen kimia yang telah banyak membantu terlaksananya penelitian ini
7. Kepada kakak-kakak laboratorium afiliasi : Kak Puji, Kak Rasyid, Kak Mila, Kak Daniel, Kak Rispa, Kak Dio, Kak Zora, dan kakak-kakak lainnya yang telah membantu dan mengajari penulis selama penelitian

8. Kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam penyediaan bahan-bahan penelitian dan instrument di laboratorium analisis : Mbak Ina dan Mbak Cucu
9. Kepada teman-teman satu bimbingan : Maris, Adli, dan Mika yang selalu menghibur, membantu, mendukung, saling berdiskusi, dan memberikan semangat selama penelitian
10. Kepada sahabat-sahabatku: Yogi, stengko/benten (Fairuz/Feras, Intan, Lilid, Puti, Indri, Risa, Ayas, Sesin, Cipa), Uni Resty, Mimit, Dila, Vivi, Bos Geng Dea, Bos Maya, Mba Septri, Mba Pipit, Mba Yes, Lince, Lintang, James, Mbah Mamat, Apis, Fia, Lya, Asa, Andi, sob-sob dalas dan semua teman-teman keluarga besar Nonreg 2008 yang sudah penulis anggap sebagai keluarga. Terima kasih atas masa-masa indah yang telah diberikan
11. Kepada rekan-rekan seperjuangan penelitian : Tetangga meja penelitian (Helen, Ina, Pandu), Kak Zetry yang telah meminjamkan stirernya, kakak angkatan 07 : Ka Tegar (rekan) dan Ka Widy, Ka Bibah (S2), dan teman-teman angkatan 08
12. Kepada teman-teman Jurusan Kimia FMIPA UI khususnya angkatan 2008 baik paralel maupun regular, teman-teman density (Puji, Wiwin, Tika) serta berbagai pihak yang telah membantu namun belum tercantumkan dalam skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna, sehingga skripsi ini pun kiranya masih perlu evaluasi untuk penyempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun dari semua pihak. Penulis juga berharap penelitian dan skripsi ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak yang membaca terlebih bagi pembaca yang akan melaksanakan dan membuat penelitian terkait judul dan tema berikut.

Jakarta, Juli 2012

Penulis

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

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

Nama : Mia Azamia
NPM : 0806399823
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

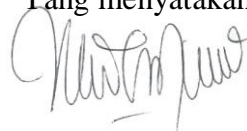
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Kimia dalam Penurunan Kadar Organik serta Logam Berat Fe, Mn, Cr dengan Metode Koagulasi dan Adsorpsi

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan 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 : 5 Juli 2012
Yang menyatakan



(Mia Azamia)

Abstrak

Nama : Mia Azamia
Program Studi : Kimia
Judul : Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Kimia Dalam Penurunan Kadar Organik Serta Logam Berat Fe, Mn, Cr Dengan Metode Koagulasi Dan Adsorpsi

Pencemaran lingkungan menyebabkan rusaknya lingkungan yang berdampak pada makhluk hidup di sekitarnya. Sumber pencemaran lingkungan diantaranya berasal dari industri, domestik, dan laboratorium. Tujuan penelitian ini adalah melakukan pengolahan limbah dengan metode koagulasi dan adsorpsi untuk menurunkan kadar organik serta logam berat Fe, Mn, Cr. Jenis koagulan yang digunakan: Tawas, PAC, Trimer 3626, dan Trimer 6784 menggunakan uji jar dalam metode koagulasi. Kondisi optimum yang diperoleh adalah konsentrasi koagulan trimer 6784 sebanyak 19,2 mg/100 mL sampel dengan kisaran pH 4-7 pada suhu ruang. Pengolahan limbah secara koagulasi dapat menurunkan TSS = 69,13 %, TDS = 46,95 %, DHL = 72,33 %, kekeruhan = 93,5 %, KMnO_4 = 48,89 %, kadar organik (COD) = 7,4 %, dan kadar logam berat Fe = 85,53 %, Mn = 55,84 %, Cr = 43,07 %. Sedangkan, nilai pH menjadi tinggi dan nilai suhu tetap. Proses adsorpsi dengan karbon aktif dapat menurunkan kadar organik (COD) = 58,53 %, namun terjadi peningkatan kadar logam Fe = 3,95 %, logam Mn = 63,8 %, dan logam Cr = 7,5 %. Sedangkan, adsorpsi dengan zeolit dapat menurunkan kadar organik (COD) = 54,61 % serta logam Cr = 38,67 %, namun terjadi peningkatan kadar logam Fe = 1,22 % serta logam Mn = 11,02 %. Kadar organik setelah adsorpsi menurun 58,53 % dengan karbon aktif dan 54,61 % dengan zeolit, namun masih jauh di atas baku mutu limbah cair menurut KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri.

Kata Kunci : Limbah, Koagulasi, Adsorpsi, Karbon Aktif, Zeolit
xiii + 79 halaman : 24 gambar; 10 tabel; 11 lampiran
Daftar Referensi : 30 (1975-2012)

Abstract

Name : Mia Azamia
Program Study : Chemistry
Title : Waste Water Liquid Treatment of Chemistry Laboratory to Decrease Organic Content and Heavy Metal Fe, Mn, Cr by Coagulation and Adsorption Methods

Bad environment makes the environment damage which can effect to another live creatures in around. This phenomenon is sourced by waste water which from many places such as industry, domestic, and laboratory. The purpose of this research is to do waste water treatment by coagulation and adsorption method to decrease organic content and heavy metal Fe, Mn, Cr. Some kinds of coagulation materials are Tawas, PAC, Trimer 3626, and Trimer 6784. It is used by jar test instrument in coagulation method. The optimum condition which is appropriate with waste water chemistry laboratory is by increasing Trimer 6784 coagulation material's concentration 19,2 mg/100 mL sample with range pH 4-7 in room temperature. Waste water treatment by coagulation method can decrease TSS = 69,13 %, TDS = 46,95 %, DHL = 72,33 %, turbidity = 93,5 %, KMnO_4 = 48,89 %, organic content (COD) = 7,4 %, and heavy metals Fe = 85,53 %, Mn = 55,84 %, Cr = 43,07 %.. Besides, the value of pH become high and the temperature is constant. Adsorption process with active carbon can decrease (COD) = 58,53 %, but it can increase Fe = 3,95 %, Mn = 63,8 %, and Cr = 7,5 %. In the other hand, adsorption with zeolite can decrease (COD) = 54,61 % and Cr = 38,67 %, besides it can increase Fe = 1,22 % and Mn = 11,02 %. The organic content is also decrease after adsorption process 58,53 % with active carbon and 54,61 % with zeolite, but it is not too significant and still over from the standard quality waste water from KEP-51/MENLH/10/1995 about Standard Quality of Waste Water Liquid for Industry Activities.

Key Words : Waste Water, Coagulation, Adsorption, Active Carbon, Zeolite
xiii + 79 pages: 24 pictures; 10 tables; 11 attachments
Bibliography : 30 (1975-2012)

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang masalah	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Tujuan penelitian	3
1.4 Hipotesis	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Limbah cair	4
2.1.1 Definisi	4
2.1.2 Limbah kimia B-3	4
2.1.3 Klasifikasi berdasarkan jenis sumbernya	4
2.1.3.1 Industri	4
2.1.3.2 Domestik	5
2.1.3.3 Laboratorium	6
2.1.4 Karakteristik	6
2.1.5 Pengolahan	6
2.1.5.1 Pengolahan primer	7
2.1.5.2 Pengolahan sekunder	7
2.1.5.3 Pengolahan tersier	8
2.2 Koagulasi dan flokulasi	8
2.2.1 Mekanisme koagulasi	9
2.2.2 Jenis-jenis koagulan dan flokulan	10
2.2.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi koagulasi dan flokulasi	12
2.3 Adsorpsi	13
2.3.1 Definisi	13
2.3.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi	13
2.3.3 Adsorben	14
2.4 Karbon aktif	14
2.5 Zeolit	15
2.6 Toksisitas logam	17
2.7 AAS (<i>Atomic Absorption Spectrophotometer</i>)	17
2.8 Spektrofotometer serapan sinar Ultra Violet	17
2.9 Teknik pengolahan limbah	18

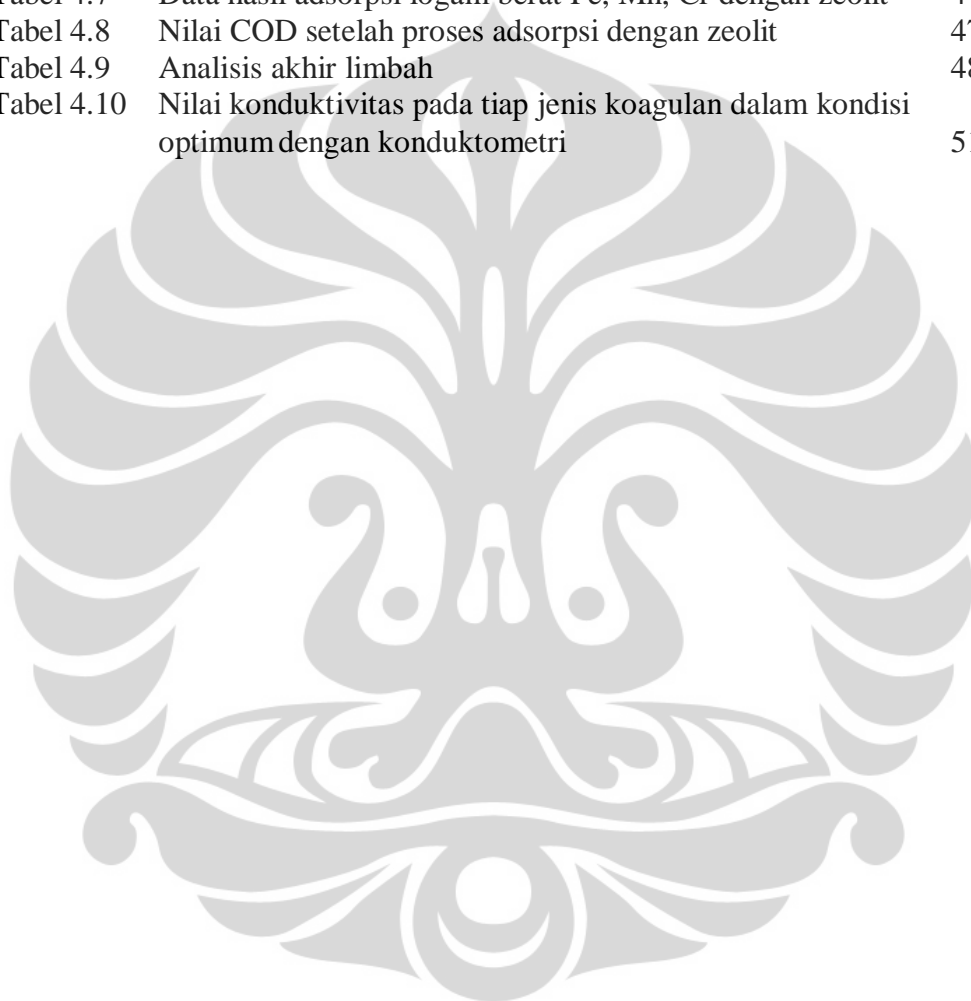
BAB 3 METODE PENELITIAN	20
3.1 Peralatan dan bahan	22
3.1.1 Peralatan	22
3.1.2 Bahan	22
3.2 Metode Kerja	23
3.2.1 Uji Pendahuluan	23
3.2.1.1 pH atau derajat keasaman	23
3.2.1.2 Suhu atau temperatur	23
3.2.1.3 Kekeruhan	23
3.2.1.4 Konduktivitas	24
3.2.2 Parameter analisis	24
3.2.2.1 Chemical Oxygen Demand (COD)	24
3.2.2.2 Total padatan	25
3.2.2.3 KMnO ₄ (permanganat)	25
3.2.3 Kadar logam berat dengan AAS	26
3.2.4 Metode koagulasi	27
3.2.5 Metode adsorpsi	27
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Penentuan jenis koagulan dan konsentrasi yang sesuai untuk pengolahan limbah cair laboratorium kimia	30
4.2 Pengaruh pH terhadap kekeruhan setelah proses koagulasi	33
4.3 Kadar logam Fe, Mn, Cr serta kadar organik pada limbah setelah proses koagulasi	36
4.4 Pengaruh dosis adsorben karbon aktif terhadap adsorpsi Fe, Mn, Cr dan COD	39
4.5 Pengaruh dosis adsorben karbon aktif terhadap adsorpsi Fe, Mn, Cr dan COD	43
4.6 Analisis limbah setelah perlakuan dengan metode koagulasi dan adsorpsi	48
4.6.1 pH	49
4.6.2 Suhu	50
4.6.3 Daya hantar listrik (konduktivitas)	50
4.6.4 Total padatan (TDS (<i>Total Dissolved Solid</i>) dan TSS (<i>Total Suspended Solid</i>))	51
4.6.5 Kekeruhan	52
4.6.6 Permanganat (KMnO ₄)	53
4.6.7 COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	54
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Limbah industri	5
Gambar 2.2	Limbah domestik	5
Gambar 2.3	Mekanisme koagulasi	9
Gambar 2.4	Proses koagulasi dan flokulasi	10
Gambar 2.5	Alumunium sulfat	11
Gambar 2.6	Rumus molekul koagulan PAC	11
Gambar 2.7	Proses adsorpsi (DEGEL, 1990)	13
Gambar 2.8	Karbon	15
Gambar 2.9	Zeolit	17
Gambar 2.10	Sistem pengolahan air limbah laboratorium	18
Gambar 3.1	Diagram alir proses pengolahan limbah cair laboratorium kimia dalam penurunan kadar organik dan logam berat	22
Gambar 4.1	Limbah awal sebelum proses koagulasi	29
Gambar 4.2	Proses koagulasi dengan menggunakan tes jar	30
Gambar 4.3	Hasil proses koagulasi	31
Gambar 4.4	Pengaruh jenis dan konsentrasi koagulan terhadap kekeruhan	32
Gambar 4.5	Pengaruh pH terhadap kekeruhan	34
Gambar 4.6	Proses terjadinya flok pada pH 4-7	35
Gambar 4.7	Limbah setelah pengolahan koagulasi dengan trimer 6784	36
Gambar 4.8	Proses koagulasi	38
Gambar 4.9	Adsorpsi karbon aktif	40
Gambar 4.10	Variasi jumlah adsorben karbon aktif terhadap konsentrasi logam Fe, Mn, Cr	41
Gambar 4.11	Adsorpsi zeolit	44
Gambar 4.12	Variasi jumlah adsorben zeolit terhadap konsentrasi logam Fe, Mn, Cr	45
Gambar 4.13	Struktur <i>stereotip modernit</i>	46

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Pengaruh jenis koagulan dan konsentrasi terhadap kekeruhan	31
Tabel 4.2	Data pengaruh pH terhadap kekeruhan	33
Tabel 4.3	Data hasil uji logam berat Fe, Mn, dan Cr dengan AAS	36
Tabel 4.4	Data hasil uji organik dengan spektrofotometer UV-Vis	38
Tabel 4.5	Data pengaruh dosis karbon aktif terhadap logam Fe, Mn, Cr	41
Tabel 4.6	Nilai COD setelah proses adsorpsi dengan karbon aktif	42
Tabel 4.7	Data hasil adsorpsi logam berat Fe, Mn, Cr dengan zeolit	44
Tabel 4.8	Nilai COD setelah proses adsorpsi dengan zeolit	47
Tabel 4.9	Analisis akhir limbah	48
Tabel 4.10	Nilai konduktivitas pada tiap jenis koagulan dalam kondisi optimum dengan konduktometri	51



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1:	Koagulan Trimer 6784 yang dipergunakan untuk pengolahan limbah cair laboratorium kimia	61
Lampiran 2:	Tabel data penentuan jenis koagulan dan variasi konsentrasi secara uji jar	62
Lampiran 3:	Tabel data koagulan Trimer 6784 (192,3 ppm) dengan variasi pH terhadap nilai kekeruhan	64
Lampiran 4:	Data analisis total padatan	65
Lampiran 5:	Data analisis total padatan tersuspensi	66
Lampiran 6:	Data analisis KMnO_4 dengan permanganatometri sampel limbah cair	67
Lampiran 7:	Chemical Oxygen Demand (COD)	69
Lampiran 8:	Data analisis logam-logam berat (Fe, Mn, Cr)	71
Lampiran 9:	Data analisis daya hantar listrik limbah dalam kondisi optimum	77
Lampiran 10:	Data analisis awal dan akhir limbah dengan perbandingan baku mutu limbah cair	78
Lampiran 11:	Perincian biaya pengadaan satu unit instalasi pengolah limbah kapasitas 10.000 liter/hari	79

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pencemaran lingkungan merupakan salah satu faktor rusaknya lingkungan yang akan berdampak pada makhluk hidup di sekitarnya. Sumber pencemaran lingkungan diantaranya berasal dari air, tanah, dan udara. Salah satu faktor pencemaran tersebut disebabkan oleh limbah yang berasal dari industri, domestik, pertanian, laboratorium, dan lain sebagainya. Limbah ialah cairan, padatan, dan gas dalam suatu wilayah atau tempat tertentu yang mengalami penyimpangan dari keadaan normal akibat adanya bahan-bahan kimia yang telah dipergunakan untuk berbagai kegiatan. Limbah laboratorium merupakan salah satu limbah dalam lingkup kecil yang cenderung terkandung banyak senyawa logam berat dan bahan organik di dalamnya. Hal-hal tersebut dapat mencemari dan membahayakan lingkungan di sekitarnya, seperti tumbuh-tumbuhan, hewan, dan manusia yang berada di sekitar laboratorium tersebut.

Limbah cair laboratorium hingga saat ini belum mendapat perhatian yang memadai. Dari sisi jumlah, limbah cair yang dihasilkan oleh suatu laboratorium umumnya memang relatif sedikit, akan tetapi limbah cair ini tercemar berat oleh berbagai jenis bahan organik dan logam berat. Secara kolektif dan dalam kurun waktu yang lama dapat berdampak nyata pada lingkungan apabila tidak dikelola secara memadai, karena bahan organik dan logam berat tersebut akan terakumulasi.

Senyawa-senyawa organik dan logam berat yang terkandung dalam limbah laboratorium memiliki kadar atau konsentrasi yang sangat bervariasi. Hal ini akan berdampak pada lingkungan jika tidak dilakukan proses pengolahan limbah terlebih dahulu sebelum dibuang atau dialirkan ke lingkungan. Beberapa cara pengolahan limbah, yaitu dengan proses koagulasi, flokulasi, dan adsorpsi. Koagulasi adalah suatu proses destabilisasi koloid dengan penambahan koagulan yang mempunyai muatan berlawanan dengan muatan partikel-partikel koloid sehingga terjadi gaya tarik-menarik yang dapat menetralkan dan menggumpalkan partikel-partikel koloid menjadi flok. Koagulasi merupakan tahapan dari

keseluruhan sistem untuk menghilangkan atau mengurangi kekeruhan dan warna. Flokulasi merupakan proses penggabungan inti-inti endapan menjadi molekul besar (flok) melalui penambahan flokulan sebagai zat pembantu koagulan untuk memberikan hasil yang optimum pada proses koagulasi dan mempercepat terjadinya flok. Sedangkan, adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan pada lapisan permukaan atau antar fasa, dimana molekul dari suatu materi terkumpul pada adsorben sehingga terjadi penurunan kadar organik dan logam berat dalam limbah cair laboratorium, khususnya laboratorium kimia.

Karena sifatnya, limbah laboratorium tergolong dalam kategori limbah bahan berbahaya dan beracun/B3 yang memerlukan penanganan secara khusus. Akan tetapi, dalam prakteknya limbah cair laboratorium kimia hingga saat ini belum dikelola sesuai dengan persyaratan yang berlaku.

1.2 Permasalahan

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat diketahui permasalahan-permasalahan yang ditimbulkan akibat pencemaran limbah cair dari laboratorium, diantaranya :

1. Limbah yang dibiarkan mengalir ke lingkungan tanpa dilakukan proses pengolahan yang memadai akan mencemari dan membahayakan lingkungan serta makhluk hidup di sekitarnya.
2. Secara teori, penurunan kadar organik dan logam berat pada limbah cair laboratorium kimia bisa dilakukan dengan pengolahan dan pemisahan melalui proses yang sederhana dan hasil yang baik.
3. Belum ada teknik pengolahan yang efektif dengan biaya terjangkau.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini, yaitu :

1. Mengetahui kadar organik dan logam berat yang terkandung dalam limbah cair laboratorium kimia.
2. Mempelajari pengaruh koagulasi serta adsorpsi terhadap penurunan kadar organik dan logam berat dalam limbah cair laboratorium kimia.
3. Mengetahui konsentrasi koagulan dan pH optimum yang sesuai untuk limbah cair laboratorium kimia.
4. Mengetahui keefektifan antara adsorben zeolit dan karbon aktif.
5. Melakukan proses pengolahan limbah yang sesuai dan efektif dengan biaya yang terjangkau untuk menghasilkan limbah yang ramah lingkungan sehingga tidak mencemari dan membahayakan makhluk hidup di sekitar lingkungan tersebut.

1.4 Hipotesis

Dengan mengetahui kadar organik dan logam berat dalam limbah cair laboratorium kimia, maka dapat diketahui sejak dini bahaya yang akan berdampak pada lingkungan sekitarnya sebelum limbah tersebut dialirkan ke lingkungan. Pengolahan limbah cair laboratorium kimia dengan metode koagulasi dan adsorpsi merupakan pengolahan limbah yang efektif. Oleh karena itu, diharapkan dapat menurunkan kadar organik dan logam berat dalam limbah cair laboratorium kimia sehingga limbah tersebut akan lebih ramah lingkungan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair

2.1.1 Definisi

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, limbah adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan. Limbah cair adalah limbah berupa cairan yang berasal dari hasil buangan bahan-bahan yang telah terpakai dari suatu proses produksi industri, domestik (rumah tangga), pertanian, serta laboratorium yang tercampur (tersuspensi) dan terlarut di dalam air. Limbah cair disebut juga sebagai pencemar air, karena komponen pencemaran air pada umumnya terdiri dari bahan buangan padat, bahan buangan organik dan bahan buangan anorganik.

2.1.2 Limbah Kimia B-3

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 18 Tahun 1999 juncto Nomor 85/1999 mengatur tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, limbah kimia B-3 adalah limbah yang mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun karena sifat dan/atau konsentrasinya dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan dan/atau merusakkan lingkungan hidup, dan/atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya.

2.1.3 Klasifikasi Berdasarkan Jenis Sumbernya

2.1.3.1 Industri

Menurut Undang-Undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, limbah industri adalah sisa suatu kegiatan dan/atau proses produksi. Limbah industri atau pertambangan seperti batubara biasanya tercemar asam sulfat dan senyawa besi yang dapat mengalir ke luar daerah pertambangan. Air yang mengandung kedua senyawa ini dapat berubah menjadi asam. Limbah pertambangan yang bersifat asam bisa menyebabkan korosi dan melarutkan logam-logam sehingga air yang dicemari bersifat racun dan dapat memusnahkan kehidupan akuatik.



(Sumber : e-dukasi.net)

Gambar 2.1 Limbah Industri

2.1.3.2 Domestik

Limbah domestik berasal dari pemukiman, pertokoan, hotel, rumah sakit, dan sebagainya. Limbah ini dapat berupa sampah organik, sampah anorganik, serta deterjen. Sampah organik merupakan sampah yang dapat terurai oleh aktivitas bakteri seperti sisa-sisa sayuran, buah-buahan, maupun dedaunan. Sampah anorganik merupakan sampah yang tidak dapat terurai oleh aktivitas bakteri seperti kertas, plastik, ataupun kaca. Deterjen merupakan limbah pemukiman yang paling potensial mencemari air karena hampir setiap rumah tangga menggunakan deterjen padahal limbah deterjen sangat sukar diuraikan oleh mikroorganisme.



(Sumber: e-dukasi.net)

Gambar 2.2 Limbah Domestik

2.1.3.3 Laboratorium

Limbah laboratorium berasal dari buangan hasil reaksi-reaksi berbagai larutan kimia berbahaya dalam suatu eksperimen. Larutan kimia tersebut diantaranya mengandung bahan-bahan kimia toksik dan logam-logam berat yang berbahaya bagi makhluk hidup dan lingkungan. Bahan-bahan kimia merupakan bahan yang berbahaya dan memiliki resiko tinggi bila tercemar ke lingkungan, karena memiliki zat yang bersifat racun (toksik). Tidak hanya bahan-bahan kimia, akan tetapi dimiliki oleh logam-logam berat misalnya Fe, Hg, Cr, dan lainnya sehingga aliran buangan limbah laboratorium akan membahayakan lingkungan dan makhluk hidup di sekitarnya bila tidak dilakukan pengolahan limbah terlebih dahulu.

2.1.4 Karakteristik

Karakteristik limbah cair dibedakan dalam beberapa jenis, yaitu fisika, kimia, dan biologi. Hal tersebut sangat penting dalam studi pendahuluan dalam pengolahan limbah, diantaranya proses desain, metode kerja, manajemen pengumpulan, pengelolaan, dan penimbunan air limbah. Sifat fisika, kimia, dan biologi air limbah sangat tergantung pada sumber kegiatan penghasil air limbah tersebut, apakah itu masyarakat, industri, atau komoditi lain. Karakteristik fisika, meliputi : temperatur (suhu), warna, bau, kekeruhan, padatan total, dan padatan tersuspensi. Karakteristik kimia, salah satunya ialah COD. Karakteristik biologi air limbah berhubungan dengan organisme-organisme dan/atau mikroorganisme dan bahan nutrisi lainnya yang berperan untuk mengkonversi bahan organik menjadi bentuk yang lebih sederhana.

2.1.5 Pengolahan

Pengolahan limbah dapat dilakukan dengan cara fisika, kimia, dan biologi atau gabungan ketiga sistem pengolahan tersebut. Berdasarkan tingkat pengolahan, maka sistem pengolahan limbah diklasifikasikan menjadi : pra pengolahan, pengolahan primer, pengolahan sekunder, dan pengolahan tersier.

2.1.5.1 Pengolahan Primer

Pada pengolahan ini sering pula didahului dengan pra treatment dikarenakan banyak bahan-bahan terapung ikut bersama dengan limbah, seperti : kertas-kertas, plastik, dan kayu-kayu yang sulit dihindarkan. Proses pra pengolahan dilakukan dengan sederhana, yaitu menyaring bahan kasar, mengendapkan pasir dan tanah, serta memisahkan minyak.

Metode pengolahan primer dilakukan, karena jenis padatan halus seperti suspensi, padatan terlarut, dan zat warna tidak tersaring pada proses pra treatment. Oleh karena itu, diperlukan bahan kimia yang direaksikan agar terjadi pengikatan senyawa pencemar baik dalam gumpalan (koagulasi) atau pengapungan. Perlakuan primer berdasarkan pada unit proses penyaringan, sedimentasi, atau pengendapan, maka limbah cair diklasifikasikan menjadi tiga jenis pencemar, yaitu :

- Pencemar logam berat perlu diproses dengan reaksi redoks, kemudian diendapkan dan difiltrasi,
- Pencemar senyawa organik diproses dengan cara oksidasi dan koagulasi kemudian diadsorpsi,
- Pencemar ammonia diproses melalui pengusiran ammonia. (Suharto, 2011)

Pengolahan primer bertujuan untuk menghilangkan zat padat tercampur melalui pengendapan atau pengapungan. Sedangkan, penambahan bahan kimia digunakan agar senyawa-senyawa pencemar dalam limbah diikat melalui reaksi kimia dan akan menghilangkan atau mengurangi bahan kimia pencemar dalam air limbah.

2.1.5.2 Pengolahan Sekunder

Metode pengolahan dengan *secondary treatment* umumnya mencakup proses biologi untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada di dalamnya, yaitu melakukan kontak perlakuan limbah cair dengan mikroba agar terjadi biodegradasi senyawa organik dalam limbah cair menjadi produk tanpa pencemar, seperti air, karbon dioksida, dan lumpur (Suharto, 2011).

Perlakuan ini berlangsung dalam beberapa tahap, yaitu :

- Proses limbah cair dalam bioreactor,
- Proses lumpur aktif (*activated sludge*),
- Biodegradasi senyawa organik dalam limbah cair,
- Adsorpsi kontaminan dengan karbon aktif,
- Penghilangan kontaminan dengan udara.

Agar proses biologi dalam menguraikan bahan organik berjalan lebih cepat. Terdapat dua hal yang penting dalam proses biologi ini, yaitu proses penambahan oksigen dan proses pertumbuhan bakteri.

2.1.5.3 Pengolahan Tersier

Metode ini digunakan pada pengolahan limbah dengan konsentrasi bahan pencemar tinggi atau limbah dengan jenis parameter bervariasi dengan volume yang relative besar serta masih terdapat bahan berbahaya yang terkandung dalam limbah dari hasil pengolahan primer dan sekunder. Salah satu cara yang sering digunakan adalah penambahan karbon aktif, karbon aktif biasanya digunakan sebagai penyerap untuk mengurangi kekeruhan dari suatu cairan karena memiliki luas permukaan yang cukup besar pada setiap unitnya. Selain itu mempunyai rongga-rongga sehingga akan menyaring partikel-partikel kecil yang masih terdapat di dalam limbah cair. Penggunaan karbon diperuntukkan mengurangi kadar dari senyawa organik terlarut dalam limbah cair.

Perlakuan tersier diarahkan untuk menghilangkan senyawa toksik dan meningkatkan kualitas *effluent*. Metode perlakuan tersier yang digunakan meliputi:

- Filtrasi dengan media granular,
- Adsorpsi,
- Perlakuan kimia,
- Klorinasi (Suharto, 2011).

2.2 Koagulasi dan Flokulasi

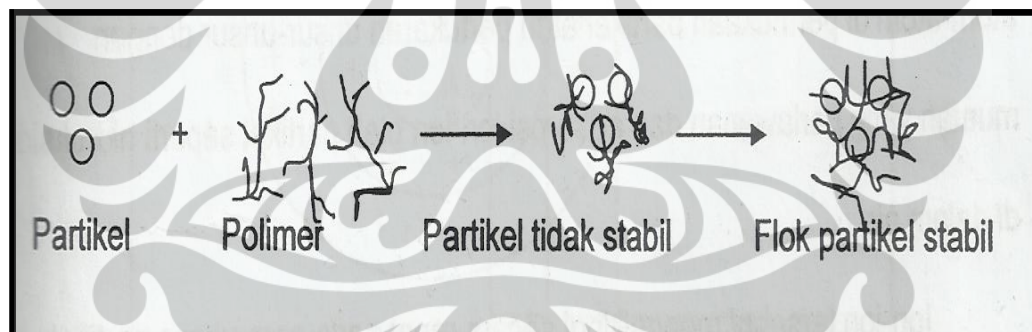
Koagulasi adalah proses destabilisasi partikel senyawa koloid dalam limbah cair. Proses penggumpalan atau pengendapan dilakukan dengan

menambahkan bahan koagulan ke dalam limbah cair sehingga terjadi endapan pada dasar tangki pengendapan.

Flokulasi adalah proses pengendapan pencemar dalam limbah cair dengan penambahan bahan koagulan utama dan koagulan pendukung sehingga terjadi gumpalan sebelum mencapai dasar tangki pengendap. Flokulasi dikenal pula sebagai pencampuran (*mixing*), namun kecepatan pencampuran sangat lambat dan tangki flokulasi dilengkapi dengan pengaduk bentuk pedal di dinding tangki flokulasi. Limbah cair yang diberi koagulan dengan dosis tertentu diaduk dalam tangki flokulasi kemudian pengaduk dimatikan dan didiamkan, maka akan terbentuk endapan di bagian bawah (Suharto, 2011).

2.2.1 Mekanisme Koagulasi

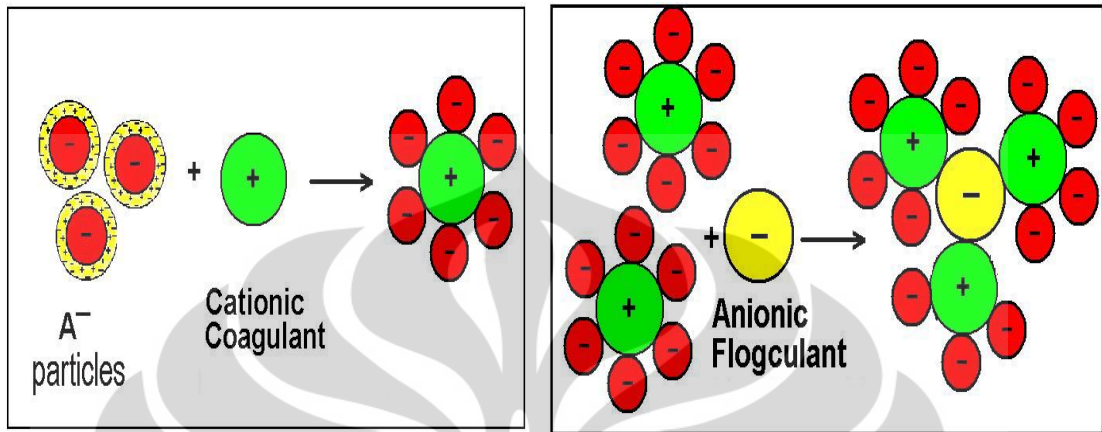
Mekanisme koagulasi dapat diterangkan melalui jembatan kimia, misalnya molekul polimer akan mengikat partikel koloid dan ekor polimer yang telah diserap dapat mengikat partikel lain pada permukaan partikel membentuk jembatan kimia. Mekanisme yang terjadi dapat ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Mekanisme Koagulasi

Berdasarkan Gambar 2.3, suatu koloid ketika diberikan bahan koagulan akan mengalami destabilisasi koloid lalu terjadi penggabungan (agregasi) partikel dan terbentuk flok. Ada dua jenis mekanisme koagulasi, yaitu *sweep coagulation* dan *adsorption coagulation*. *Sweep coagulation* ialah partikel koloid yang tidak terlarut membentuk flok-flok yang ternetralkan oleh koagulan, sedangkan *adsorption coagulation* ialah muatan listrik partikel koloid diubah oleh molekul koagulan yang menempel pada permukaan koloid (Lilis, 2006).

Pembentukan inti-inti endapan terjadi pada proses koagulasi. Sedangkan, flokulasi terjadi untuk menggabungkan inti-inti endapan menjadi flok-flok yang besar. Proses yang terjadi dapat ditunjukkan pada Gambar 2.4 sebagai berikut :



(sumber : penindo caltex)

Gambar 2.4 Proses koagulasi dan flokulasi

2.2.2 Jenis-Jenis Koagulan dan Flokulan

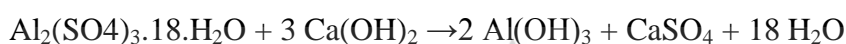
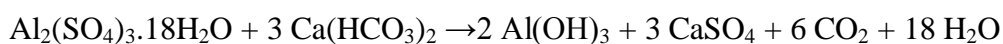
Bahan koagulan yang digunakan dalam proses pengendapan limbah cair adalah bahan koagulan utama dan koagulan pendukung. Bahan koagulan utama termasuk tawas, ferosulfat, ferisulfat, feriklorida, dan bahan koagulan pendukung termasuk air kapur, soda abu, dan polialuminium khlorida (Droste, R.L., 1975; Kiely, G., 1997).

Flokulan biasanya merupakan polimer organik (polielektrolit) yang berupa molekul panjang dengan beberapa gugus yang dapat mengikat partikel, seperti : polivinillamines (polimer kationik), polimer anionik, dan poliakrilamide (polimer non-ionik) (Lilis, 2006). Jenis-jenis koagulan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a) Aluminium sulfat (Alum), $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$

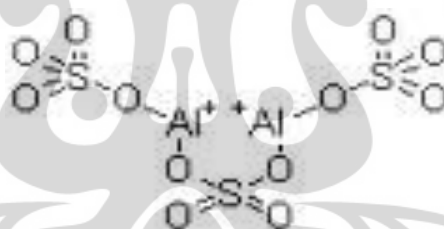
Garam Aluminium Sulfat jika ditambahkan dalam air dengan mudah akan larut dan bereaksi dengan HCO_3^- menghasilkan Aluminium Hidroksida Dengan adanya hidroksida aluminium yang bermuatan positif maka akan terjadi tarik menarik antara partikel koloid yang bermuatan negatif dengan partikel aluminium hidroksida sehingga terbentuk gumpalan partikel yang makin lama makin besar

dan berat serta cepat mengendap. Selain itu juga partikel zat organik tersuspensi, zat anorganik, bakteri dan mikro organisme yang lain dapat bersama-sama membentuk gumpalan partikel atau flok yang akan mengendap bersama-sama. Jika alkalinitas air tidak cukup untuk dapat bereaksi dengan Alum, maka dapat ditambahkan kapur atau soda abu agar reaksi dapat berjalan dengan baik



Aluminium Sulfat atau Alum, diproduksi dalam bentuk padatan atau cairan.

Banyak dipakai karena harganya relatif murah dan efektif untuk mengolah air dengan kekeruhan yang tinggi dan baik dipakai bersama-sama dengan zat koagulan pembantu. Dibandingkan dengan garam besi Alum tidak menimbulkan pengotoran yang serius pada dinding bak. Salah satu kekurangannya flok yang terjadi lebih ringan dibanding flok koagulan garam besi dan selang pH lebih sempit yaitu 5,5 – 8,5.

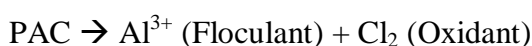


(sumber: chemnet.com)

Gambar 2.5 Alumunium Sulfat

b) Poly Aluminium Chloride (PAC)

PAC merupakan bentuk polimerisasi kondensasi dari garam aluminium, berbentuk cair dan merupakan koagulan yang sangat baik. PAC mempunyai daya koagulasi lebih besar daripada alum dan dapat menghasilkan flok yang stabil (Alaert, 1984).



(sumber: chemnet.com)

Gambar 2.6 Rumus molekul koagulan PAC

2.2.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Koagulasi dan Flokulasi

Faktor-faktor yang dapat memengaruhi proses koagulasi, diantaranya :

1. pH

Nilai pH harus diperhatikan, misal garam-garam besi bekerja pada nilai antara 4,50-5,50. Sebaliknya, garam alumunium bekerja pada nilai pH antara 5,5-6,30. Hal ini dikarenakan, proses koagulasi dapat berlangsung dengan baik pada kondisi optimumnya.

2. Suhu

Suhu berpengaruh pada proses koagulasi dan flokulasi dikarenakan, terjadi peningkatan viskositas dan perubahan struktur agregat menjadi lebih kecil sehingga dapat lolos dari proses penyaringan dan peningkatan kecepatan menghidrolisis dan mengendap pada suhu rendah. Selain itu, terjadi kerapatan yang lebih kecil dan akan menyebabkan konveksi dan merusak timbunan lumpur pada suhu tinggi. Dengan demikian, diperlukan suhu optimum pada proses pengolahan limbah.

3. Konsentrasi Koagulan

Konsentrasi koagulan akan berpengaruh pada banyaknya jumlah bahan kimia (koagulan) yang ditambahkan sehingga proses pengendapan dari tiap konsentrasi akan bervariasi. Selain itu, hal ini akan berpengaruh terhadap tumbukan antar partikel yang akan membentuk flok-flok.

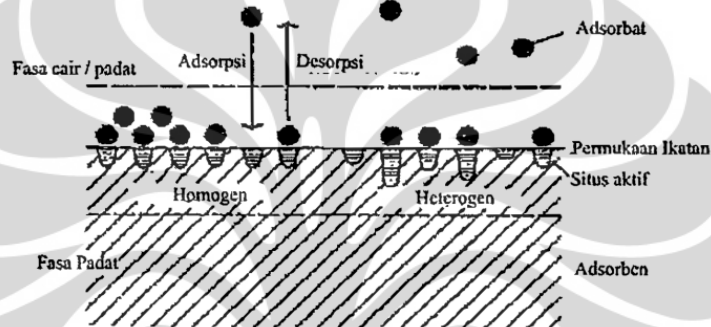
4. Pengadukan

Pembentukan flok sangat dipengaruhi oleh kecepatan pengadukan. Jika pengadukan lambat, maka pembentukan flok juga akan berlangsung lama. Namun, jika pengadukan terlalu cepat akan mengakibatkan flok-flok yang telah terbentuk menjadi pecah. Dengan demikian, proses pengadukan harus merata dan sesuai agar koagulan dan flokulan yang ditambahkan dapat bereaksi dengan baik dalam larutan (Lilis, 2006).

2.3 Adsorpsi

2.3.1 Definisi

Adsorpsi secara umum diartikan sebagai akumulasi sejumlah molekul, ion, atau atom yang terjadi pada batas dua fasa. Adsorpsi juga merupakan proses pengikatan suatu molekul dari fasa gas atau larutan ke dalam suatu lapisan terkondensasi dari suatu permukaan padatan atau cairan (Ranke, 2005) dan merupakan suatu peristiwa penyerapan pada lapisan permukaan atau antar fasa, dimana molekul dari suatu materi terkumpul pada bahan pengadsorpsi atau adsorben (Atkins, 1997).



Gambar 2.7 Proses adsorpsi (DEGEL, 1990)

2.3.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap adsorpsi, yaitu:

- Adsorbat

Kemampuan adsorben untuk mengadsorpsi berbeda untuk masing-masing senyawa. Adsorpsi akan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul adsorbat dari struktur yang sama. Adsorpsi juga dipengaruhi oleh gugus fungsi, posisi gugus fungsi, ikatan rangkap, dan struktur rantai dari senyawa serapan.

- Suhu

Dalam pemakaian suatu adsorben, 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

Bila adsorben ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah arang yang digunakan. Pengadukan juga mempengaruhi waktu, dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada partikel adsorben untuk bersinggungan dengan senyawa serapan (Atkins, 1997).

2.3.3 Adsorben

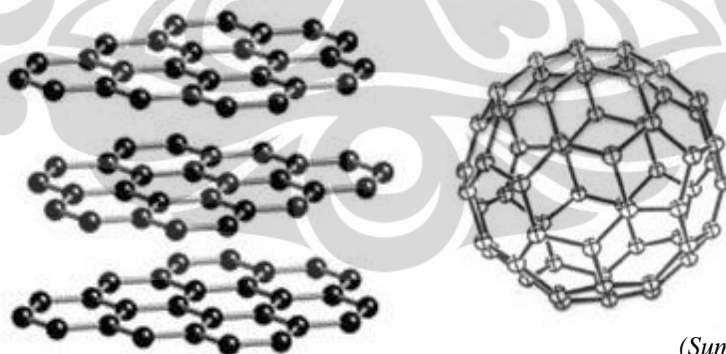
Adsorben ialah zat yang melakukan penyerapan terhadap zat lain (baik padat, cairan, maupun gas) pada proses adsorpsi. Umumnya adsorben bersifat spesifik, hanya menyerap zat tertentu. Dalam memilih jenis adsorben pada proses adsorpsi, disesuaikan dengan sifat dan keadaan zat yang akan diadsorpsi. Semakin kecil pori-pori adsorben, mengakibatkan luas permukaan semakin besar. Dengan demikian kecepatan adsorpsi bertambah. Adsorben yang paling banyak dipakai untuk menyerap zat-zat dalam larutan adalah arang (karbon aktif). Tiap partikel adsorben dikelilingi oleh molekul yang diserap karena terjadi interaksi tarik menarik. Karbon aktif banyak dipakai di industri untuk menghilangkan zat-zat warna dalam larutan. Penyerapan bersifat selektif, yang diserap hanya zat terlarut atau pelarut (Brady, 1999).

2.4 Karbon Aktif

Sejak perang dunia pertama, karbon aktif sudah dikenal sebagai adsorben atau penyerap yang efektif. Karbon aktif adalah bahan berupa karbon bebas yang

masing-masing berikatan secara kovalen dan non-polar atau arang yang telah dibuat dan diolah secara khusus melalui proses aktivasi sehingga pori-porinya terbuka. Dengan demikian, mempunyai daya serap yang besar terhadap zat-zat lainnya, baik dalam fase cair maupun dalam fase gas. Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan, dimana semakin kecil pori-pori arang aktif, mengakibatkan luas permukaan semakin besar dan kecepatan adsorpsi bertambah. Untuk meningkatkan kecepatan adsorpsi, dianjurkan menggunakan karbon aktif yang telah dihaluskan. Karbon aktif ini cocok digunakan untuk mengadsorpsi zat-zat organik. Komposisi karbon aktif terdiri dari silika (SiO_2), karbon, kadar air dan kadar debu. Unsur silika merupakan kadar bahan yang keras dan tidak mudah larut dalam air sehingga berfungsi sebagai pembersih partikel yang terkandung dalam air keruh untuk memperoleh air yang jernih.

Bahan baku yang berasal dari hewan, tumbuh-tumbuhan, limbah maupun mineral yang mengandung karbon dapat dibuat menjadi karbon 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 (Brady, 1999).



(Sumber : chemnet.com)

Gambar 2.8 Karbon

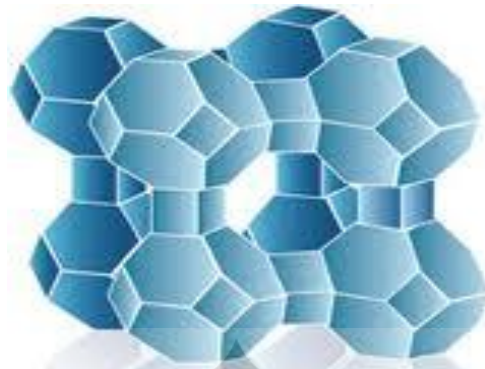
2.5 Zeolit

Zeolit adalah suatu alumina silikat yang mempunyai struktur berpori dengan bentuk rangka kristal, yang di dalamnya ditempati oleh molekul air dan ion-ion logam alkali. Unit dasar pembentuk zeolit adalah SiO_4 dan AlO_4 yang membentuk tetrahedral. Unit-unit tersebut saling berikatan membentuk jaringan

anionik dalam tiga dimensi. Perbandingan antara Si dan Al berkisar antara 1:1 sampai 100:1. Struktur yang paling stabil adalah zeolit yang perbandingan Si dan Al nya adalah 1:1. Dengan sifat di atas, maka zeolit dapat bekerja sebagai penukar ion dan sebagai penyaring melalui adsorpsi selektif karena adanya perbedaan dalam ukuran molekul dan faktor lainnya. Selanjutnya, dari hasil pengujian terhadap beberapa aspek yang ada kaitannya dengan pertukaran ion pada zeolit, dijelaskan bahwa:

- Kecepatan pertukaran kation dalam zeolit dipengaruhi oleh besar butiran zeolit.
- Zeolit yang diaktifkan maupun yang tidak diaktifkan, lebih kecil menyerap ion amonium dari air buangan larutan NH_4Cl . Hal tersebut dikarenakan dalam air buangan, zeolit dapat menyerap ion amonium dan ion-ion lain seperti Ag^+ , K^+ , dan lain-lain.
- Kapasitas penyerap zeolit akan bertambah dengan bertambah nya berat zeolit.

Mineral alam zeolit biasanya masih tercampur dengan mineral lainnya seperti kalsit, gypsum, feldspar dan kuarsa dan ditemukan di daerah sekitar gunung berapi atau mengendap pada daerah sumber air panas (hot spring). Zeolit juga ditemukan sebagai batuan endapan pada bagian tanah jenis basalt dan komposisi kimianya tergantung pada kondisi hidrotermal lingkungan lokal, seperti suhu, tekanan uap air setempat, dan komposisi air tanah lokasi kejadiannya. Hal itu menjadikan zeolit dengan warna dan tekstur yang sama mungkin berbeda komposisi kimianya bila diambil dari lokasi yang berbeda disebabkan karena kombinasi mineral yang berupa partikel halus dengan impurities lainnya. Zeolit dengan struktur “framework” mempunyai luas permukaan yang besar dan dapat menyaring ion/molekul. Bila atom Al dinetralsir dengan ion polivalen, misalnya logam Pt, Cu dsb, zeolit dapat berfungsi sebagai katalis yang banyak digunakan pada reaksi petrokimia (Sudi, 2006).



(Sumber : chemnet.com)

Gambar 2.9 Zeolit

2.6 Toksisitas Logam

Toksisitas logam adalah terjadinya keracunan dalam tubuh manusia yang diakibatkan oleh bahan berbahaya yang mengandung logam beracun. Logam Fe memiliki toksisitas, yaitu iritasi kulit, gangguan pencernaan, dan gangguan pernapasan. Sedangkan, logam Mn dapat merusak paru-paru dan otak. Logam Cr memiliki toksisitas, yaitu iritasi kulit dan gangguan pencernaan.

2.7 AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*)

Salah satu metode analisis unsur yang paling akurat dan sering digunakan dalam analisis unsur logam adalah Spektrofotometer Serapan Atom atau Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). Prinsip dari metode AAS adalah absorpsi cahaya oleh atom berdasarkan jumlah radiasi yang diabsorpsi atom-atom dalam fase uap dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi. Dengan demikian, alat ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi kandungan logam dalam suatu sampel. Metode ini sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah (Sunardi, 2010).

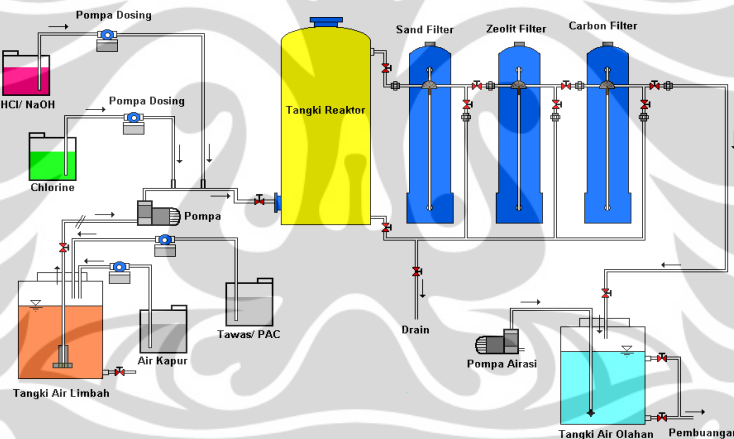
2.8 Spektrofotometer Serapan Sinar Ultra Violet

Umumnya sebagian besar senyawa organik dapat dianalisis secara kualitatif maupun kuantitatif dengan menggunakan spektrofotometer ultraviolet pada panjang gelombang 200-400 nm. Kemudian, hasil pengukuran dapat diperoleh dari alat pencatat pada spektrofotometer. Bila molekul menyerap pada daerah tampak dan UV, elektron valensi atau ikatan akan naik ke tingkat energi

yang lebih tinggi, disertai dengan eksitasi vibrasi dan rotasi. Jarak tingkat vibrasi-rotasi yang berdekatan dalam tingkat energi elektroniknya menyebabkan besar kemungkinan transisi elektron dengan perbedaan tingkat energi yang kecil. Hal tersebut disertai pula dengan adanya interaksi zat terlarut-pelarut yang cenderung menghasilkan pita serapan yang lebar dalam daerah UV (Sunardi, 2010).

2.9 Teknik Pengolahan Limbah

Proses pengolahan air limbah yang dilakukan dalam skala industri, meliputi proses kimia dan fisika. Proses kimia dengan menambahkan bahan kimia pembentuk endapan (koagulan/ flokulan), pembunuh kuman (desinfektan) dan penetralan. Sedangkan, proses fisika meliputi penyaringan (filtrasi) yang terdiri dari penyaringan dengan penyaring pasir cepat, penyaring metal dan penyaring karbon aktif. Hal tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Sistem Pengolahan Air Limbah Laboratorium

Proses pengolahan dimulai dengan menampung air limbah laboratorium ke dalam bak penampungan, tujuan penampungan adalah untuk menghomogenkan dan mengumpulkan air limbah agar jumlahnya cukup untuk dilakukan pengolahan. Di dalam bak penampungan, air limbah laboratorium ditambahkan air kapur, penambahan air kapur bertujuan untuk membuat air limbah bersuasana basa sehingga ion-ion logam akan mengendap. Disamping itu penambahan air kapur menghasilkan ion kalsium yang akan mengendapkan anion-anion sulfat, karbonat, fosfat dan lain-lain. Untuk menyempurnakan proses pengendapan perlu ditambahkan tawas sehingga endapan akan menggumpal dan turun kebawah.

Setelah proses pengendapan, bagian atas air limbah yang telah jernih dipompa ke tangki reaktor, sambil diinjeksi dengan larutan klorin untuk membunuh bakteri dan menghancurkan pengotor organik, kemudian air limbah dinetralkan pH-nya agar tidak merusak peralatan sistem pengolahan limbah yang berikutnya (pompa, filter dan lain-lain).

Dari tangki reaktor, air dialirkan ke saringan pasir cepat agar padatan yang berukuran besar yang terbawa dari bak penampungan dapat tersaring. Air yang keluar dari saringan pasir cepat dialirkan ke dalam saringan zeolit yang berfungsi mengadsorpsi ion-ion logam yang belum terendapkan. Dari filter Zeolit, air dialirkan ke filter karbon aktif, filter ini berfungsi untuk penghilangan atau mengurangi zat warna, bau dan bahan-bahan kimia lain yang mungkin masih ada. Sebelum dibuang perlu dilakukan aerasi untuk menaikkan kadar oksigennya sehingga dapat membantu kehidupan mikroorganisme dan menyempurnakan proses degradasi bahan organik yang mungkin masih ada dan proses pengolahan menjadi sempurna. Setelah melalui semua tahapan proses pengolahan, diharapkan air limbah telah memenuhi syarat untuk dibuang ke perairan bebas. Keberhasilan proses pengolahan air limbah ini sangat bergantung kepada kondisi air limbah, kapasitas sistem dan kecepatan aliran air limbah (Sunardi, 2010).

Pada penelitian ini, dilakukan proses pengolahan limbah cair laboratorium kimia dalam penurunan kadar organik dan logam berat Fe, Mn, Cr dengan metode koagulasi dan adsorpsi. Teknik pengolahan limbah yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan bahan koagulan tawas, PAC, trimer 3626, dan trimer 6784. Pada proses adsorpsi, digunakan adsorben zeolit dan karbon aktif untuk membandingkan keefektifan kedua adsorben tersebut terhadap sampel limbah cair laboratorium kimia. Penelitian ini merupakan teknik pengolahan limbah sederhana, yaitu dalam skala laboratorium sehingga ada beberapa penambahan bahan, seperti klorin yang tidak dilakukan pada penelitian ini serta menggunakan alat yang sederhana. Namun, prosesnya disesuaikan dengan pengolahan limbah yang sebenarnya untuk memperoleh hasil limbah olahan yang efektif, ramah lingkungan, biaya yang terjangkau, dan sesuai dengan kadar baku mutu air limbah.

BAB 3

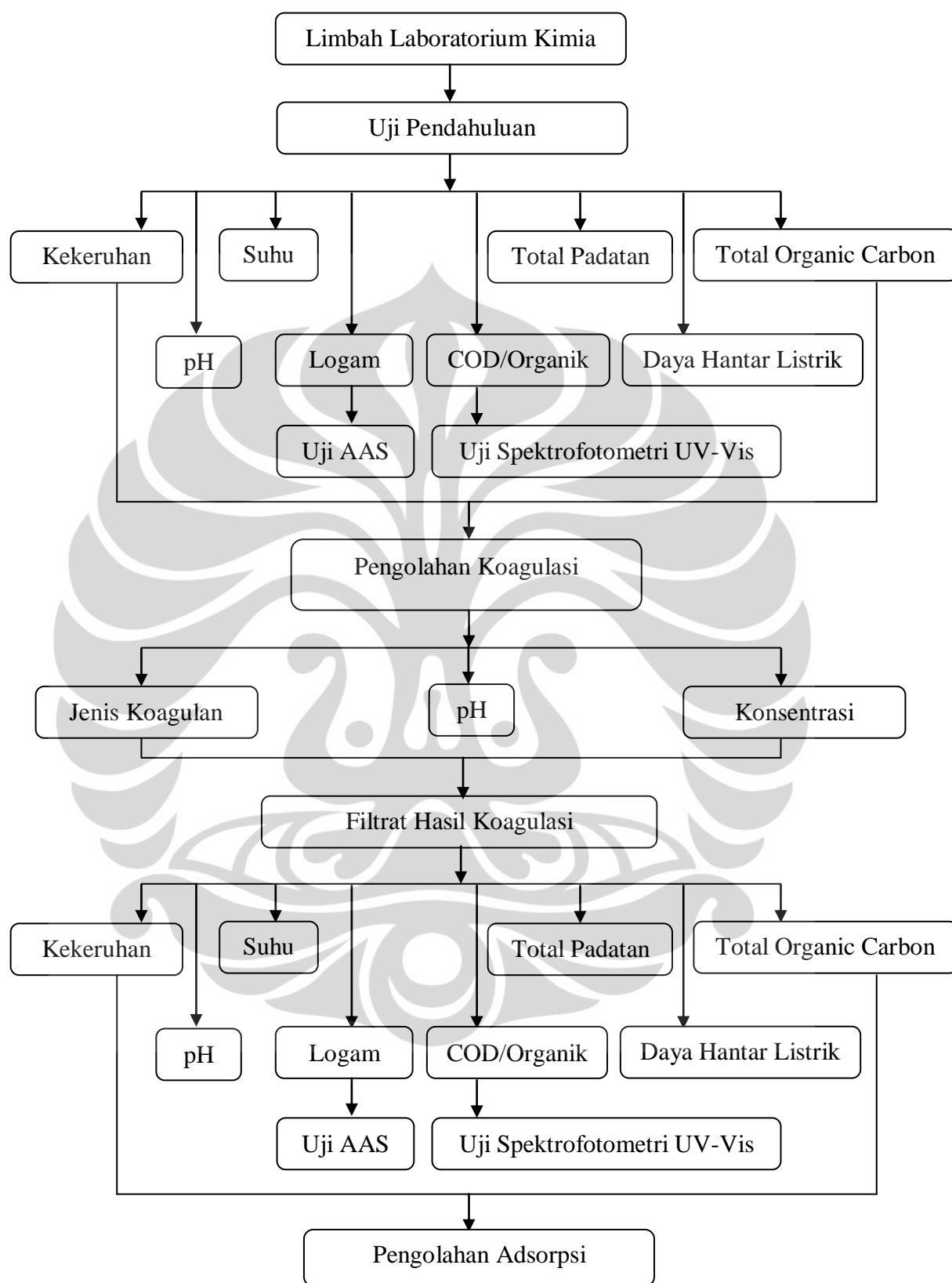
METODE PENELITIAN

Proses pengolahan limbah cair laboratorium kimia dilakukan dengan dua proses. Proses pertama adalah proses koagulasi yang merupakan salah satu proses pengolahan primer terhadap limbah dengan menambahkan koagulan yang divariasikan dengan jenis koagulan, konsentrasi, pH dan lama pengadukannya.

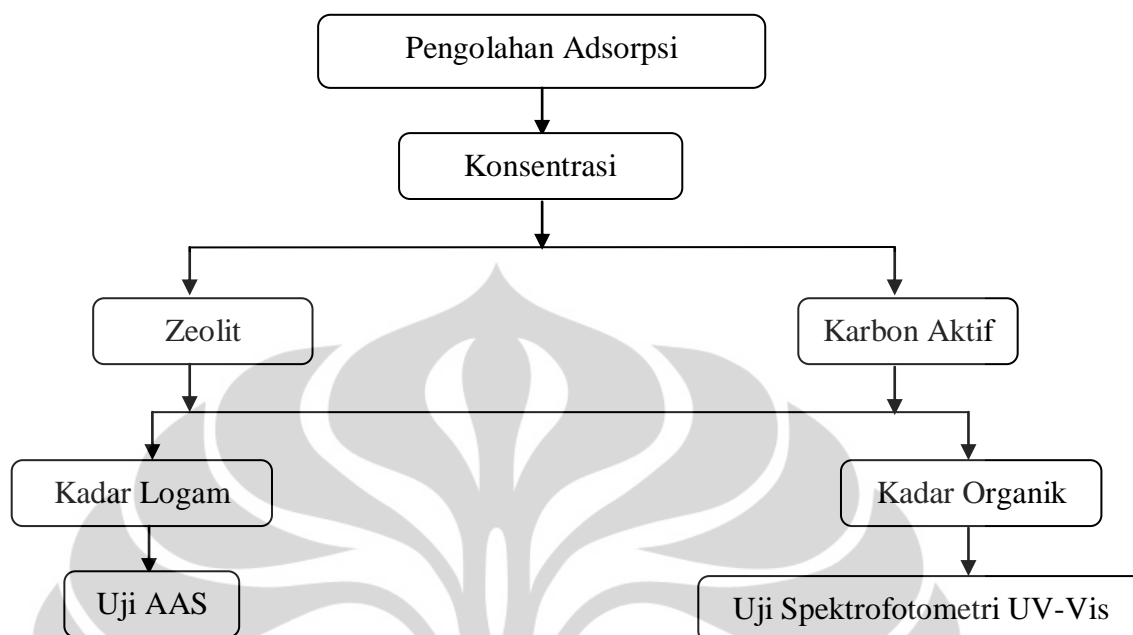
Filtrat hasil koagulasi tersebut, dianalisis terlebih dahulu untuk melihat perubahan yang terjadi pada limbah. Analisis yang dilakukan, diantaranya : pH, suhu, kekeruhan, daya hantar listrik, total padatan, COD, dan permanganat. Setelah itu, dilakukan pengukuran dengan spektrofotometri UV untuk melihat kadar organik dan AAS untuk melihat kadar logam pada limbah tersebut sebelum dilakukan proses kedua.

Proses kedua adalah adsorpsi dengan menambahkan adsorben. Jenis adsorben yang digunakan adalah zeolit dan karbon aktif yang divariasikan dengan konsentrasinya.

Bagan diagram alir proses pengolahan limbah cair laboratorium kimia dalam penurunan kadar organik dan logam berat dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut :



(lanjutan)



Gambar 3.1 Diagram alir proses pengolahan limbah cair laboratorium kimia dalam penurunan kadar organik dan logam berat

3.1 Peralatan dan Bahan Kimia

3.1.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : cawan porselen, batang pengaduk, spatula, labu ukur, labu erlenmeyer, pipet tetes, pipet ukur, pipet volumetri, gelas beaker, bulb, neraca analitik, buret tetes, corong, ring stand, botol semprot, hot plate, oven, pH meter, termometer raksa, konduktometri, turbidimeter, water bath, dan *magnetic stirrer*. Selain itu, penggunaan alat Spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui kadar organik dan Spektrofotometer Serapan Atom atau *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) untuk mengetahui kadar logam berat dalam limbah cair laboratorium kimia milik Departemen Kimia Universitas Indonesia.

3.1.2 Bahan Kimia

Bahan-bahan yang digunakan adalah sebagai berikut: sampel yang digunakan merupakan limbah cair laboratorium kimia yang berasal dari

laboratorium afiliasi, laboratorium kimia fisik, dan laboratorium kimia anorganik. Terdiri dari buangan organik (etanol), buangan asam (H_2SO_4), buangan basa (NaOH), dan logam-logam berat yang dicampur dan ditampung di dalam wadah besar. Limbah tersebut diperoleh dalam kurun waktu enam bulan. Koagulan yang digunakan terdiri dari beberapa jenis, yaitu: $Al_2(SO_4)_3$ (tawas), Poly Aluminium Chloride (PAC), trimer 3626, dan trimer 6784. Koagulan jenis trimer merupakan koagulan dengan merk dagang trimer yang tidak diketahui komposisi kimia di dalamnya. Adsorben zeolit dan karbon aktif yang berasal dari toko kimia. Aquades, $H_2SO_4(p)$, $HgSO_4$, Ag_2SO_4 (padatan), larutan baku potasium hidrogen phthalat (KHP), serbuk merkuri sulfat ($HgSO_4$), batu didih, $Na_2C_2O_4$ (padatan), $KMnO_4$ (padatan), $AgNO_3$.

3.2 Metode Kerja

3.2.1 Uji Pendahuluan

3.2.1.1 pH atau Derajat Keasaman

Sejumlah limbah diukur derajat keasaman atau pHnya terlebih dahulu sebelum dilakukan proses pengolahan dengan menggunakan pHmeter. Dilakukan proses kalibrasi pH meter terlebih dahulu pada pH 7 dan pH 4 sebelum digunakan. Kemudian, sampel limbah dimasukkan ke dalam beaker glass sebanyak 100 mL. Sampel diukur dengan cara elektroda dicelupkan langsung ke dalam sampel yang akan diukur, lalu angka akan muncul dengan sistem digital yang merupakan nilai pH sampel tersebut.

3.2.1.2 Suhu atau Temperatur

Sampel limbah dimasukkan ke dalam beaker glass sebanyak 100 mL. Setelah itu, termometer dicelupkan ke dalam sampel. Lalu, diukur suhu/temperaturnya dengan melakukan pengamatan pada termometer yang digunakan.

3.2.1.3 Kekeruhan

Sejumlah limbah dilihat tingkat kekeruhannya (turbiditas) atau banyaknya padatan dalam sampel limbah tersebut menggunakan turbidimeter. Dilakukan kalibrasi alat terlebih dahulu dengan memasukkan larutan kalibrasi ke dalam

turbidimeter. Sampel limbah dimasukkan ke dalam tabung yang telah disediakan ± 10 mL dan ditutup. Kemudian, ditunggu selama 20 detik dan angka akan muncul dengan sistem digital pada layar turbidimeter yang merupakan nilai turbiditas suatu sampel.

3.2.1.4 Konduktivitas

Sejumlah limbah diukur konduktivitasnya menggunakan konduktometer. Dilakukan kalibrasi alat terlebih dahulu dengan mencelupkan elektroda pada konduktometer ke dalam larutan kalibrasi untuk konduktivitas tinggi. Kemudian, ditunggu hingga angka yang muncul secara digital pada alat konduktometer konstan. Hasil yang diperoleh disesuaikan dengan nilai konduktivitas larutan kalibrasi pada suhu tertentu. Sampel limbah dimasukkan ke dalam beaker glass sebanyak 100 mL. Elektroda konduktometer dicelupkan ke dalam sampel, lalu ditunggu hingga angka yang muncul secara digital pada alat konduktometer konstan yang merupakan nilai konduktivitas sampel tersebut.

3.2.2 Parameter Analisis

3.2.2.1 Chemical Oxygen Demand (COD)

Dilakukan pembuatan larutan induk COD dengan larutan KHP untuk kurva kalibrasi dan pengukuran contoh uji. Dibuat standar 0 ppm, 100 ppm, 500 ppm, 1000 ppm, 2000 ppm, 3000 ppm, dan 4000 ppm. Filtrat hasil koagulasi dengan konsentrasi optimum disaring terlebih dahulu dengan menggunakan kertas saring. Masing-masing limbah dipipet sebanyak 10 mL ke dalam labu ukur 100 mL. Kemudian, limbah diencerkan dengan aquades hingga tanda batas. Masing-masing limbah dipipet 2,5 mL ke dalam tabung reaksi biasa. Kemudian, ditambahkan ke dalamnya 1,5 mL digestion solution (larutan pencernaan), dan 3,5 mL pereaksi sulfat. Selanjutnya, tabung reaksi biasa dimasukkan ke dalam blok tabung lalu dilakukan pemanasan pada suhu 150° selama ± 120 menit. Dinginkan tabung reaksi biasa sampai suhu normal. Kemudian diukur absorbansinya pada λ 600 nm dengan spektrofotometer UV-Vis.

Perhitungan :

$$\text{ppm COD} = \text{ppm COD yang terbaca pada spektrofotometri} \times 10$$

3.2.2.2 Total Padatan

TSS (Total Suspended Solid)

Kertas saring whatman dengan diameter 47mm dioven pada suhu 103-105°C kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang untuk memperoleh massa awal. Lalu, 100 mL limbah disaring dengan menggunakan kertas saring whatman dengan diameter 47mm yang telah diperoleh massa awalnya. Selanjutnya, kertas saring tersebut dioven pada suhu 103-105°C kemudian didinginkan dalam desikator dan timbang massanya. Diperoleh massa padatan terlarut tersuspensi dari hasil pengurangan massa kertas saring akhir setelah penyaringan sampel dengan massa kertas saring awal.

TDS (Total Dissolved Solid)

Gelas beaker dioven pada suhu 103-105°C kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang untuk memperoleh massa awal. Sampel air limbah dipipet sebanyak 100 mL lalu dimasukkan ke dalam gelas beaker yang telah dioven tersebut. Kemudian, sampel tersebut diuapkan pada pemanas (hot plate) hingga mengering lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 103-105°C selama 30 menit. Dinginkan dalam desikator selama 15 menit. Kemudian, massa gelas beaker tersebut ditimbang. Diperoleh massa total padatan terlarut dari hasil pengurangan massa gelas beaker akhir setelah dengan massa gelas beaker awal.

3.2.2.3 KMnO_4 (permanganat)

Penetapan angka permanganat :

Sejumlah $\pm 0,42$ gram $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ kering ditimbang, kemudian dilarutkan dalam labu ukur 250 mL. Selanjutnya, larutan tersebut dipipet 25 mL ke dalam Erlenmeyer dan ditambahkan 100 mL aquades lalu ditera. Lalu, ditambahkan 10 mL H_2SO_4 1:2 dan 22 mL KMnO_4 0,025 N ke dalam campuran larutan tersebut. Larutan tersebut dipanaskan pada 60-70°C selama 10 menit. Kemudian, larutan dititrasi dengan larutan KMnO_4 0,025 N hingga berwarna pink, diperoleh volume yang dihasilkan.

Penetapan permanganat dalam sampel :

Sampel sebanyak 10 mL dimasukkan ke dalam Erlenmeyer. Lalu, ditambahkan 100 mL aquades dan ditera. Lalu, ditambahkan 10 mL H_2SO_4 1:2,

10 mL H₂SO₄ 1:2, 5 mL AgNO₃ 0,2 N, dan 10 mL KMnO₄ 0,025 N. Kemudian, larutan tersebut dipanaskan pada suhu 60-70°C selama 30 menit. Selanjutnya, larutan dititrasi dengan larutan KMnO₄ 0,025 N hingga berwarna pink, diperoleh volume yang dihasilkan.

Untuk blanko :

100 mL aquades dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Lalu, ditambahkan 10 mL H₂SO₄ 1:2, 5 mL AgNO₃ 0,2 N, 10 mL KMnO₄ 0,025 N. Kemudian, larutan dipanaskan pada suhu 60-70°C selama 30 menit.

Selanjutnya, larutan dititrasi dengan larutan KMnO₄ 0,025 N hingga berwarna pink, diperoleh volume yang dihasilkan.

Perhitungan :

$$F = a \times \frac{25}{250} \times \frac{b}{100} \times \frac{1}{(V \times 0,001675)}$$

Keterangan :

V = volume (mL) KMnO₄ 0,025 N + 22 mL

a = massa (gram) Na₂C₂O₄

b = purity (% kemurnian) Na₂C₂O₄ (99,89 ± 0,05 %)

$$(\text{KMnO}_4) \text{ Permanganat (ppm)} = (a-b) \times F \times \frac{1000}{V} \times 0,2$$

Keterangan :

a = volume (mL) KMnO₄ 0,025 N yang digunakan untuk sampel

b = volume (mL) KMnO₄ 0,025 N yang digunakan untuk blanko

V = volume (mL) larutan sampel

F = faktor dari larutan KMnO₄ 0,025 N

3.2.3 Kadar Logam Berat dengan AAS

Penentuan kadar logam berat baik sebelum, maupun sesudah dilakukan proses pengolahan menggunakan AAS. Sampel limbah dimasukkan ke dalam beaker glass sebanyak 100 mL. Kemudian, ditunggu beberapa jam hingga padatan terlarut mengendap. Selanjutnya, air limbah pada bagian atas disaring dengan menggunakan kertas saring lalu dimasukkan ke dalam botol plastik. Dilakukan proses kalibrasi pada tiap logam berat yang akan diuji dengan AAS terlebih dahulu. Kemudian, AAS dinyalakan dan sampel hasil saringan tersebut diukur dengan AAS. Selang pada alat AAS dimasukkan ke dalam sampel hingga diperoleh hasil absorbansi pada komputer.

3.2.4 Metode Koagulasi

Sejumlah tertentu koagulan dicampurkan ke dalam 100 mL limbah cair dalam beaker gelas 200 mL. Dibuat beberapa variasi penambahan koagulan 5 gram, 10 gram, 15 gram, 20 gram, dan 25 gram. Kemudian, diputar/distirer dengan kecepatan 100 rpm selama 3 menit, lalu kecepatan diturunkan menjadi 30 rpm dan diaduk selama 15 menit. Setelah itu, larutan sampel air limbah didiamkan selama 30 menit tanpa pengadukan. Dengan parameter kekeruhan, dapat ditentukan jenis koagulan yang sesuai dengan konsentrasi yang optimum. Setelah itu, dilakukan variasi pH dengan parameter kekeruhan untuk mengetahui kondisi pH optimum pada pH 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12. Diperoleh koagulan yang sesuai dan optimum, lalu dilakukan parameter analisis dari filtrat hasil proses koagulasi tersebut. Diukur penurunan kadar organik dengan spektrofotometer UV-Vis dan penurunan kadar logam berat dengan AAS.

3.2.5 Metode Adsorpsi

- **Menggunakan Adsorben Karbon aktif**

Sejumlah tertentu karbon aktif dicampurkan ke dalam 100 mL limbah hasil koagulasi pada kondisi optimum. Dibuat beberapa variasi penambahan adsorben 5 gram, 10 gram, 15 gram, 20 gram, dan 25 gram. Selanjutnya, sampel yang telah ditambahkan adsorben dengan beberapa variasi, distirer selama 1 jam. Dilakukan penyaringan dengan menggunakan kertas saring dan disimpan dalam botol plastik. Dilakukan pengukuran kadar logam berat dengan AAS yang sebelumnya dilakukan kalibrasi logam terlebih dahulu untuk memperoleh penurunan kadar logam berat yang dihasilkan setelah proses adsorpsi. Untuk kadar organik, dilakukan pengenceran 10x pada tiap sampel agar absorbansi yang diperoleh masuk ke dalam kurva kalibrasi, dengan cara masing-masing limbah yang telah disaring dan disimpan di dalam botol plastik, dipipet sebanyak 10 mL ke dalam labu ukur 100 mL. Lalu, diencerkan dengan aquades hingga tanda batas. Kemudian, dilakukan metode kerja COD. Selanjutnya, dilakukan pembacaan absorbansi pada λ 600 nm untuk penurunan kadar organik (COD) dengan spektrofotometer UV-Vis.

- **Menggunakan Adsorben Zeolit**

Sejumlah tertentu karbon aktif dicampurkan ke dalam 100 mL limbah hasil koagulasi pada kondisi optimun. Dibuat beberapa variasi penambahan adsorben 5 gram, 10 gram, 15 gram, 20 gram, dan 25 gram. Selanjutnya, sampel yang telah ditambahkan adsorben dengan beberapa variasi, distirer selama 1 jam. Dilakukan penyaringan dengan menggunakan kertas saring dan disimpan dalam botol plastik. Dilakukan pengukuran kadar logam berat dengan AAS yang sebelumnya dilakukan kalibrasi logam terlebih dahulu untuk memperoleh penurunan kadar logam berat yang dihasilkan setelah proses adsorpsi. Untuk kadar organik, dilakukan pengenceran 10x pada tiap sampel agar absorbansi yang diperoleh masuk ke dalam kurva kalibrasi, dengan cara masing-masing limbah yang telah disaring dan disimpan di dalam botol plastik, dipipet sebanyak 10 mL ke dalam labu ukur 100 mL. Lalu, diencerkan dengan aquades hingga tanda batas. Kemudian, dilakukan metode kerja COD. Selanjutnya, dilakukan pembacaan absorbansi pada λ 600 nm untuk penurunan kadar organik (COD) dengan spektrofotometer UV-Vis.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan uji pendahuluan untuk melihat keadaan awal limbah laboratorium kimia dari segi pH, suhu, konduktivitas, TSS, TDS, TOC, COD, dan logam-logam berat yang terkandung dalam limbah tersebut sebelum dilakukan pengolahan limbah dengan metode koagulasi dan adsorpsi. Secara fisik, warna limbah yang dihasilkan adalah berwarna hijau kebiruan, seperti terlihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 limbah awal sebelum proses koagulasi

Limbah yang diuji berasal dari limbah beberapa laboratorium kimia, diantaranya laboratorium afiliasi, laboratorium kimia fisik, dan laboratorium kimia anorganik. Limbah tersebut terdiri dari buangan organik (lemak, protein, etanol, selulosa), buangan asam (H_2SO_4), buangan basa (KOH, NaOH), dan logam-logam berat yang dikumpulkan dalam kurun waktu enam bulan. Limbah tersebut dicampur hingga homogen dan ditampung di dalam wadah plastik besar hingga volume limbah cukup untuk dilakukan pengolahan.

Hasil pengukuran keadaan limbah awal sebelum dilakukan proses pengolahan limbah adalah sebagai berikut :

- pH : 2,5
- Suhu : 26°C
- Konduktivitas : 101,2 mS
- Turbiditas : 45,64 NTU

4.1 Penentuan Jenis Koagulan dan Konsentrasi yang Sesuai Untuk Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Kimia

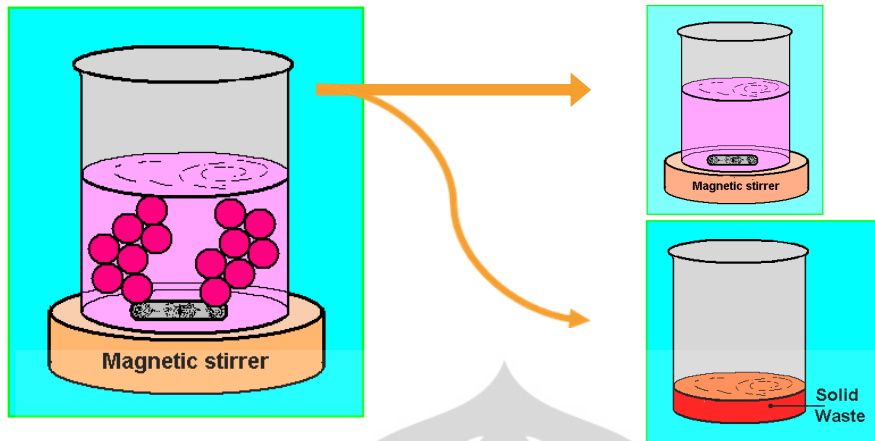
Proses pengolahan limbah cair laboratorium kimia pada penelitian ini menggunakan empat jenis koagulan yang terdiri dari $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (tawas), Poly Aluminium Chloride (PAC), Trimer 3626, dan Trimer 6784. Keempat jenis koagulan tersebut mendapat perlakuan yang sama dengan berbagai variasi konsentrasi sehingga diperoleh kondisi optimumnya.

Penentuan konsentrasi optimum dari keempat jenis koagulan tersebut dilakukan dengan menggunakan alat tes jar, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Proses koagulasi dengan menggunakan tes jar

Kecepatan pengadukan yang dilakukan pada tahap koagulasi ini yaitu : 103 rpm, 30 rpm, dan tanpa pengadukan. Alat tes jar ini digunakan agar proses pengadukan serupa untuk semua variasi konsentrasi yang dilakukan pada tiap sampel. Pengadukan cepat 100 rpm berfungsi untuk pembentukan inti endapan, dimana terjadi penggabungan koagulan dengan zat-zat yang terkandung di dalam air limbah. Sedangkan, pengadukan lambat pada kecepatan 30 rpm berfungsi untuk mengoptimalkan inti endapan yang telah terbentuk dan membentuk flok-flok yang lebih besar. Tanpa pengadukan berfungsi untuk pemisahan flok dari cairan sehingga flok yang telah terbentuk akan mengendap ke dasar beaker gelas dan diperoleh cairan yang bening di bagian atas (filtrat).



(sumber:penindo caltex)

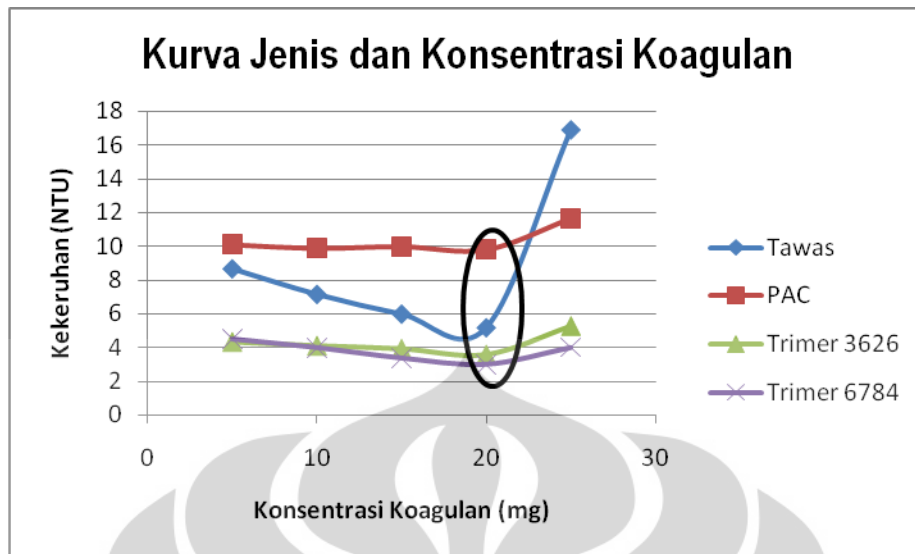
Gambar 4.3 Hasil proses koagulasi

Proses tersebut dilakukan untuk keempat jenis koagulan dengan variasi konsentrasi yang berbeda pada tiap sampel. Filtrat yang diperoleh dari tiap konsentrasi tersebut diukur kekeruhannya dengan menggunakan alat turbidimeter. Nilai rata-rata turbiditas (kekeruhan) yang diperoleh dari variasi konsentrasi tersebut, ditunjukkan pada Tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4.1 Pengaruh Jenis Koagulan dan Konsentrasi Terhadap Kekeruhan

Jenis Koagulan	Parameter Analisis	Konsentrasi koagulan (mg)/ 100 mL				
		4,95	9,83	14,56	19,2	23,8
Tawas	Turbiditas (NTU)	8,64	7,13	5,96	5,16	16,85
PAC		10,09	9,88	9,98	9,80	11,61
Trimer 3626		4,32	4,10	3,92	3,58	5,26
Trimer 6784		4,503	3,987	3,35	2,97	3,99

Dengan demikian, diperoleh kurva dari keempat jenis koagulan pada pengolahan limbah cair laboratorium kimia dengan metode koagulasi, seperti yang terlihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Koagulan Terhadap Kekeruhan

Dari Gambar 4.4 di atas, dapat dilihat adanya pengaruh dari variasi konsentrasi koagulan terhadap tingkat kekeruhannya, dimana semakin kecil nilai kekeruhannya, semakin baik untuk proses pengolahan ke tahap selanjutnya, karena koloid yang terkandung dalam sampel limbah cair berkurang/sedikit. Tingkat kekeruhan terkecil diperoleh pada konsentrasi koagulan 19,2 mg/100 mL untuk semua jenis koagulan. Namun, tingkat kekeruhan terendah dari keempat jenis koagulan tersebut adalah koagulan trimer 6784 yang menunjukkan bahwa jenis koagulan dan variasi konsentrasi optimum untuk pengolahan limbah cair laboratorium kimia pada tahap koagulasi ini ialah koagulan trimer 6784 dengan konsentrasi koagulan 19,2 mg/100 mL.

Koagulan dengan konsentrasi rendah belum mampu membentuk flok secara optimum. Hal ini dikarenakan konsentrasi koagulan yang sedikit tidak mampu menetralkan koloid yang terkandung di dalam limbah pada volume tertentu sehingga hanya sebagian koloid saja yang ternetralkan dan membentuk flok, sedangkan filtrat limbah tersebut masih keruh serta masih terdapat koloid dan padatan terlarut tersuspensi lainnya yang tidak ternetralkan dengan koagulan.

Selain itu, konsentrasi koagulan juga berpengaruh pada penetralan dengan koloid yang terkandung di dalam limbah. Ketika koagulan dilarutkan, muatan positif dari koagulan akan menetralkan muatan negatif pada permukaan koloid. Konsentrasi koagulan yang banyak atau melebihi kondisi optimumnya akan

membuat permukaan partikel koloid menjadi muatan positif dan partikel koloid tersebut akan terdispersi kembali karena proses peptisasi, di mana partikel-partikel besar (flok) yang telah tergumpalkan atau ternetralkan dipecahkan oleh ion sejenis menjadi partikel berukuran koloid dan membuat sampel limbah cair menjadi keruh. Oleh karena itu, penentuan jenis koagulan dan konsentrasi optimum pada pengolahan sampel limbah cair ini diperlukan untuk mendapatkan kondisi.

4.2 Pengaruh pH Terhadap Kekeruhan Setelah Proses Koagulasi

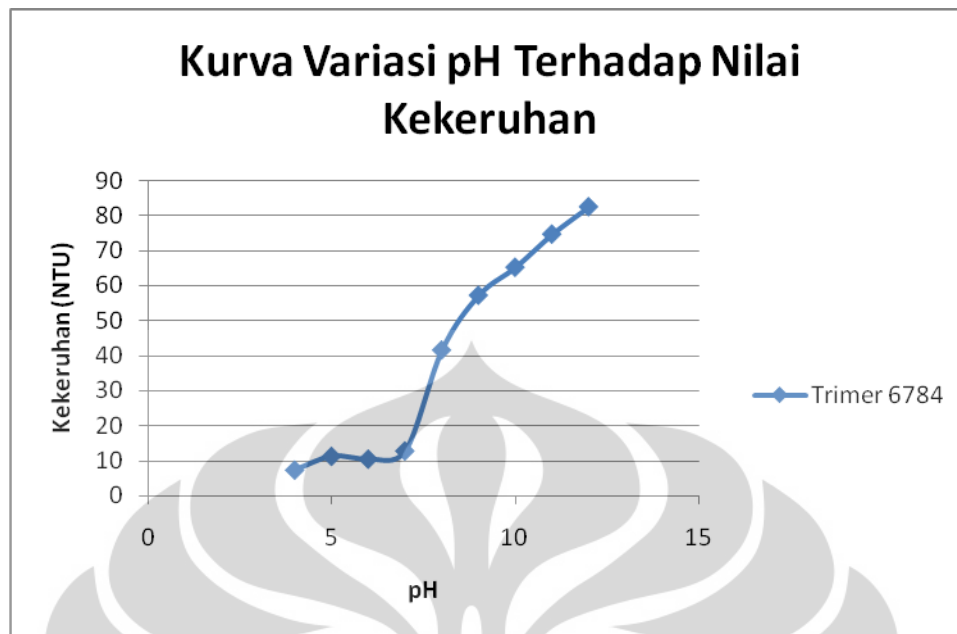
pH merupakan suatu parameter yang menyatakan banyaknya ion H^+ di dalam suatu larutan. Hal ini berpengaruh pada sampel limbah cair yang permukaannya bermuatan negatif dikarenakan banyaknya ion OH^- dari buangan basa sehingga diperlukan kondisi pH optimum setelah penambahan koagulan yang bermuatan positif dengan jenis dan konsentrasi optimum yang telah dilakukan sebelumnya.

Pengaruh pH terhadap efektivitas proses koagulasi dikondisikan untuk memperoleh pH optimum. Hal tersebut dikarenakan, proses koagulasi dipengaruhi oleh pH yang mengakibatkan terbentuknya flok-flok yang optimal. Sampel limbah cair pada pH 4-12 dikondisikan sesuai dengan jenis dan konsentrasi koagulan optimum yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu penambahan koagulan trimer 6784 dengan konsentrasi 19,2 mg/100 mL sehingga diperoleh pH optimumnya dari tingkat kekeruhan atau turbiditasnya dengan menggunakan turbidimeter. Nilai rata-rata turbiditas (kekeruhan) yang diperoleh dari variasi pH tersebut, ditunjukkan pada Tabel 4.2 sebagai berikut :

Tabel 4.2 Data Pengaruh pH Terhadap Kekeruhan

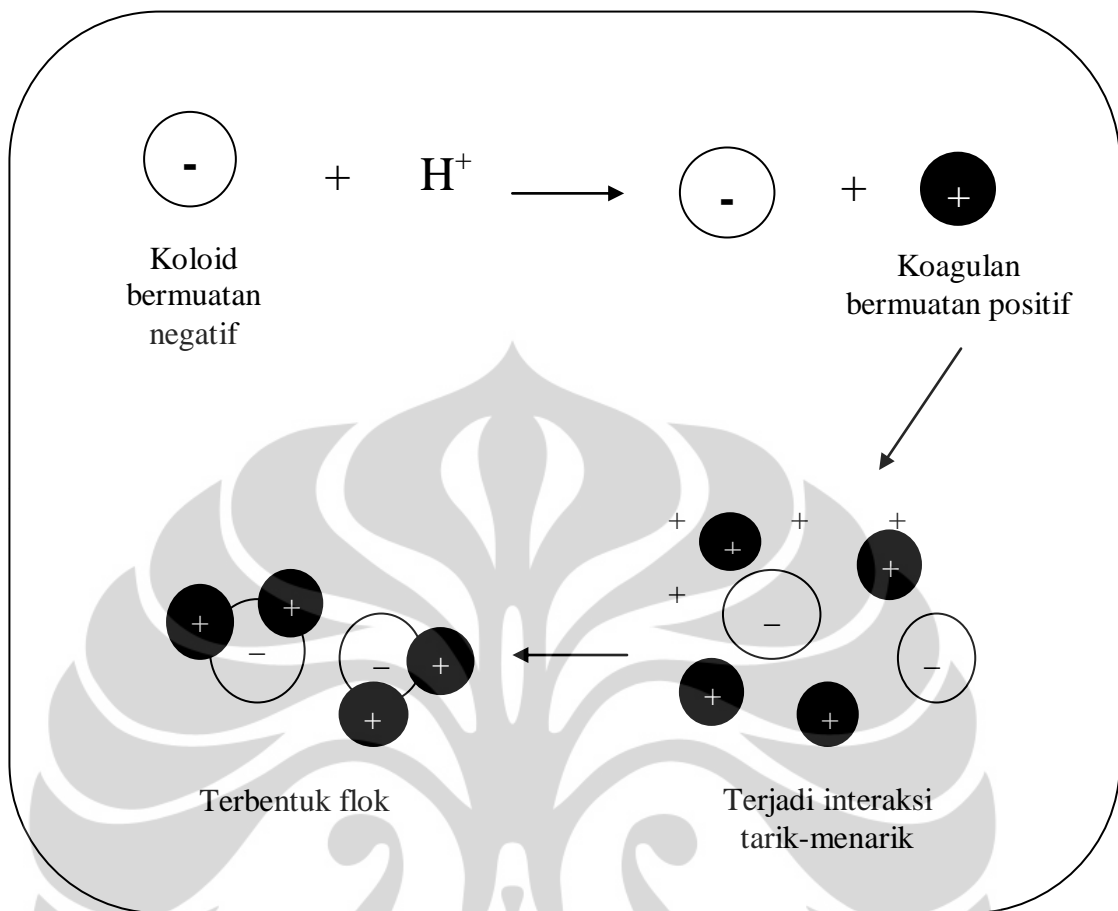
pH	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kekeruhan Rata-rata (NTU)	7,35	11,29	10,48	12,82	41,68	57,33	65,34	74,79	82,63

Dengan demikian, diperoleh kurva antara variasi pH tersebut dalam pengolahan limbah cair laboratorium kimia terhadap kekeruhan (NTU), seperti yang terlihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Pengaruh pH Terhadap Kekeruhan

Pada Gambar 4.5, dapat dilihat bahwa pH juga berpengaruh pada tingkat kekeruhan sampel. Tingkat kekeruhan terendah pada jenis koagulan trimer 6784 dengan konsentrasi 19,2 mg/100 mL diperoleh pada kisaran pH 4-7. Pada pH tersebut, terbentuk flok-flok yang besar, sedangkan pada pH 8-12 flok yang terbentuk kecil-kecil. Hal ini membuktikan bahwa adanya penetralan muatan antara koagulan dengan koloid di dalam sampel limbah cair yang baik pada kisaran pH 4-7, yaitu suatu kondisi di mana terdapat banyak ion H^+ dalam larutan sampel. Hal tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 4.6 sebagai berikut :



Gambar 4.6 Proses terjadinya flok pada pH 4-7

Berdasarkan Gambar 4.6, koloid yang terkandung dalam sampel limbah cair bermuatan negatif. Kemudian pada pH 4-7 di mana koloid yang bermuatan negatif akan terjadi interaksi tarik-menarik dengan ion H^+ dan koagulan yang bermuatan positif sehingga muatan akan ternetralkan dan membentuk flok-flok yang besar. Sedangkan, pada pH 8-12, di mana koloid yang bermuatan negatif akan berinteraksi dengan ion OH^- sehingga muatan positif yang diberikan oleh koagulan tidak mampu menetralkan koloid tersebut dan terdispersi kembali karena proses peptisasi, di mana partikel-partikel besar (flok) yang telah tergumpalkan atau ternetralkan dipecahkan oleh ion sejenis menjadi partikel-partikel kecil berukuran koloid. Hal tersebut membuat sampel limbah cair menjadi keruh dan terbentuk flok-flok yang berukuran kecil.

4.3 Kadar Logam Fe, Mn, Cr Serta Kadar Organik Pada Limbah Setelah Proses Koagulasi

Proses koagulasi yang dilakukan pada sampel limbah cair dengan jenis koagulan trimer 6784 pada konsentrasi 19,2 mg/100 mL dan pH 4-7, seperti yang telah dilakukan pada optimasi sebelumnya, menghasilkan warna limbah yang lebih jernih dan berwarna kuning bening. Hal tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Limbah setelah proses koagulasi menggunakan trimer 6784

Filtrat hasil koagulasi tersebut diuji kadar logam berat Fe, Mn, dan Cr menggunakan alat AAS dan menghasilkan data yang ditunjukkan pada Tabel 4.3 sebagai berikut :

Tabel 4.3 Data hasil uji logam berat Fe, Mn, dan Cr dengan AAS

Logam	Konsentrasi sebelum koagulasi (mg/L)	Konsentrasi setelah koagulasi (mg/L)	Persentase penurunan konsentrasi (%)
Fe	75,54	10,92903	85,53
Mn	1,8799	0,8300	55,84
Cr	3,3681	1,9174	43,07

Berdasarkan Tabel 4.3, logam berat Fe, Mn, dan Cr mengalami penurunan yang signifikan. Hal ini membuktikan bahwa koagulan dengan jenis Trimer 6784 dapat menurunkan kadar logam berat Fe, Mn, dan Cr untuk sampel limbah cair. Proses penurunan kadar logam tersebut terjadi, karena adanya senyawa-senyawa kimia yang terkandung dalam koagulan dengan jenis trimer 6784 telah menggumpalkan koloid sehingga logam-logam yang terkandung dalam sampel limbah cair tersebut juga terjebak ke dalam flok-flok yang terbentuk. Dengan demikian, terjadi penurunan logam Fe, Mn, dan Cr setelah proses pengolahan koagulasi.

Proses koagulasi juga dapat menurunkan kadar organik yang terkandung dalam limbah cair laboratorium kimia. Penentuan kadar organik yang terkandung dalam limbah cair laboratorium kimia tersebut diuji dengan parameter COD (*Chemical Oxygen Demand*). Parameter COD ini diukur dengan metode spektrofotometri, yaitu penentuan COD dilakukan dengan metode dikromat secara spektrofotometri. Pada metode ini digunakan oksidator $K_2Cr_2O_7$ sebagai sumber oksigen. Sebagian besar zat organik pada uji ini dioksidasikan oleh larutan $K_2Cr_2O_7$ dalam keadaan asam yang mendidih.

Reaksi yang terjadi :



Reaksi berlangsung kurang lebih dua jam dalam alat refluks agar zat organik yang mudah terbang tidak keluar. Ag_2SO_4 berfungsi untuk mencegah adanya gangguan klorida, sedangkan $HgSO_4$ ditambahkan sebagai katalisator untuk mempercepat reaksi.

Untuk memastikan bahwa semua zat organik telah habis teroksidasi, maka zat pengoksidasi ($K_2Cr_2O_7$) masih harus tersisa setelah direfluks. Sisa Cr (III) yang terbentuk dari hasil reaksi $K_2Cr_2O_7$ dengan bahan organik diukur pada panjang gelombang 600 nm, karena Cr^{3+} kuat mengabsorpsi pada panjang gelombang tersebut.

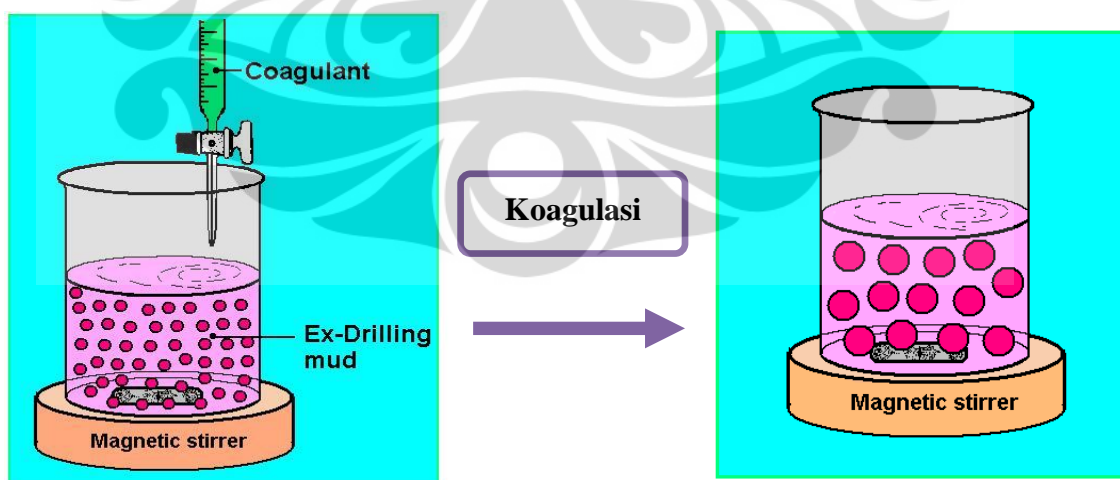
Filtrat hasil koagulasi tersebut diuji kadar organik menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis dan menghasilkan data yang ditunjukkan pada Tabel 4.4 sebagai berikut :

Tabel 4.4 Data hasil uji organik dengan spektrofotometer UV-Vis

Konsentrasi COD sebelum koagulasi (mg/L)	Konsentrasi COD setelah koagulasi (mg/L)	Persentase penurunan Konsentrasi (%)
2668,55	2470,75	7,4

Berdasarkan Tabel 4.4 proses koagulasi dengan jenis koagulan trimer 6784 pada penambahan koagulan 19,2 mg/100 mL dengan pH 4-7 dapat menurunkan kadar organik yang terkandung dalam sampel limbah cair. Penurunan kadar organik tersebut membuktikan bahwa senyawa organik dalam air yang terkandung dalam sampel limbah cair dapat dioksidasi oleh larutan kalium dikromat dalam keadaan asam dan mendidih. Parameter COD menunjukkan jumlah oksidan yang dibutuhkan dinyatakan dalam ekuivalen oksigen yang diukur secara spektrofotometri sinar tampak (*visible*) dengan panjang gelombang 600 nm, karena Cr^{+3} dapat mengabsorpsi kuat pada panjang gelombang tersebut.

Mekanisme koagulasi yang terjadi antara koagulan trimer 6784 yang merupakan polimer dengan koloid ditunjukkan pada Gambar 4.8.



(Sumber: penindo caltex)

Gambar 4.8 Proses koagulasi

Pada Gambar 4.8, terjadi interaksi antara polimer dengan partikel di mana sebagian polimer (koagulan) yang larut dalam air akan menempel pada permukaan koloid. Interaksi tersebut merupakan gaya tarik-menarik antarpartikel (gaya *van der waals*) sehingga dapat menetralkan muatan listrik polimer dengan partikel koloid. Sedangkan, sebagian polimer yang tidak larut dalam air akan mengendap membentuk flok yang dapat mengurung atau mengumpalkan senyawa organik serta koloid dan mengendap bersamaan. Kadar COD pada sampel limbah cair, berdasarkan data tersebut dapat diturunkan dengan adanya penambahan bahan-bahan kimia atau koagulan pada proses koagulasi. Akan tetapi, hasil penurunan kadar organik (COD) hanya 7,4 % dan belum mencapai batas aman yang sesuai dengan baku mutu air limbah pada KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri. Hal tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya :

- Kadar organik dalam limbah sangat tinggi
- Proses koagulasi senyawa organik oleh koagulan belum maksimal

4.4 Pengaruh Dosis Adsorben Karbon Aktif Terhadap Adsorpsi Fe, Mn, Cr dan COD

Karbon aktif atau arang aktif merupakan suatu padatan berpori. Fungsi karbon aktif sebagai adsorben, dapat menghilangkan atau mengurangi bau, warna, organik, logam berat, dan bahan kimia lain.

Limbah hasil pengolahan koagulasi dengan konsentrasi koagulan dengan kondisi optimum, yaitu 19,2 mg/100 mL pada pH 4-7. Selanjutnya, dilakukan proses adsorpsi di mana filtrat tersebut ditambahkan adsorben karbon aktif dengan beberapa variasi konsentrasi, yaitu penambahan adsorben sebanyak 5 gram, 10 gram, 15 gram, 20 gram, dan 25 gram. Kemudian, filtrat yang telah ditambahkan adsorben, distirer selama satu jam yang bertujuan untuk pengadukan di mana terjadi penggabungan adsorben dengan filtrat hasil koagulasi sehingga tercampur. Pengadukan dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada partikel karbon aktif untuk bersinggungan dengan senyawa serapan. Setelah itu, dидiamkan semalam, hal tersebut bertujuan untuk memberikan waktu bagi adsorben mencapai kesetimbangan sehingga diharapkan terjadi proses penyerapan yang maksimal.

Setelah didiamkan semalam dan karbon aktif mengendap, terjadi perubahan warna seiring dengan meningkatnya dosis adsorben. Hal tersebut membuktikan bahwa, karbon aktif mampu menyerap warna sehingga dapat menghilangkan warna limbah hasil koagulasi yang berwarna kuning menjadi bening, di mana unsur silika yang terkandung dalam karbon aktif merupakan kadar bahan yang keras dan tidak mudah larut dalam air, berfungsi sebagai pembersih partikel yang terkandung dalam air keruh untuk memperoleh air yang jernih, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.9.



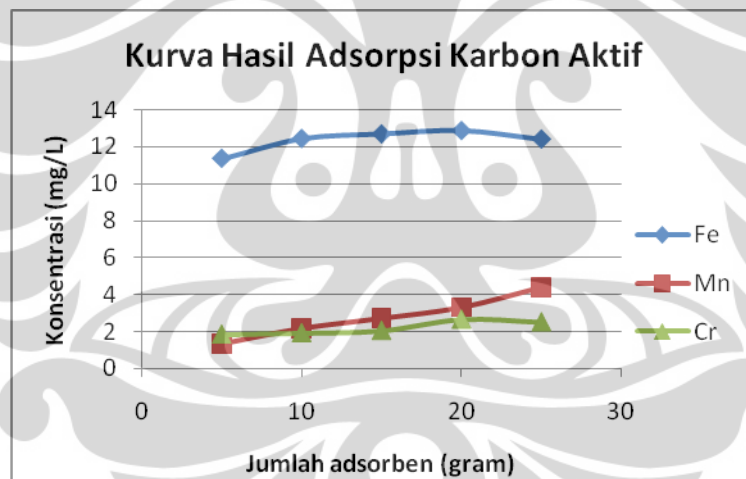
Gambar 4.9 Adsopsi Karbon Aktif

Selain itu, karbon aktif juga terbukti dapat menghilangkan bau seiring dengan meningkatnya penambahan adsorben yang diberikan ke dalam filtrat hasil koagulasi. Kadar logam berat Fe, Mn, Cr setelah proses koagulasi seharusnya dapat diturunkan dengan proses adsorpsi. Akan tetapi, pada proses adsorpsi dengan menggunakan adsorben karbon aktif, adanya variasi jumlah adsorben ke dalam filtrat hasil koagulasi tidak terjadi penyerapan logam yang signifikan. Hal tersebut menunjukkan bahwa adsorben karbon aktif belum mampu menyerap logam Fe, Mn, Cr dengan baik, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.5 sebagai berikut :

Tabel 4.5 Data pengaruh dosis karbon aktif terhadap logam Fe, Mn, Cr

Karbon aktif yang ditambahkan (gram)	Konsentrasi Logam (mg/L)		
	Fe	Mn	Cr
0	10,92903	0,8300	1,9714
5	11,35226	1,360691	1,855457
10	12,43742	2,187185	1,935103
15	12,69032	2,725702	2,061947
20	12,87226	3,313895	2,678466
25	12,40774	4,392369	2,530973

Dengan demikian, diperoleh kurva antara konsentrasi (mg/L) terhadap penambahan adsorben karbon aktif, seperti yang terlihat pada Gambar 4.10 sebagai berikut :



Gambar 4.10 Variasi jumlah adsorben karbon aktif terhadap konsentrasi logam Fe, Mn, Cr

Semakin meningkatnya penambahan jumlah karbon aktif, seharusnya semakin rendah pula konsentrasi logam Fe, Mn, dan Cr. Akan tetapi, berdasarkan hasil yang diperoleh menunjukkan terjadi peningkatan konsentrasi logam Fe, Mn, Cr. Pada logam Mn, terjadi peningkatan konsentrasi seiring dengan bertambahnya jumlah adsorben, namun pada logam Fe dan Cr terjadi penurunan konsentrasi dari jumlah adsorben 20 gram ke 25 gram. Hal tersebut disebabkan oleh adsorben

karbon aktif yang digunakan berasal dari toko kimia sehingga masih terdapat pengotor, karena tidak dilakukan pencucian serta aktivasi untuk mengetahui keefektivan karbon aktif tanpa dilakukan proses tersebut. Sedangkan, penurunan yang terjadi dikarenakan logam tersebut terjebak ke dalam pori-pori karbon aktif sehingga terjadi penurunan, walaupun tidak terlalu signifikan dan tetap mengalami peningkatan setelah proses koagulasi. Dengan demikian, pada penelitian ini, karbon aktif yang digunakan belum mampu menyerap logam secara optimal.

Nilai COD yang diperoleh pada penelitian ini, merupakan nilai COD dengan sampel adsorpsi yang telah diencerkan sebanyak 10x. Hal tersebut dilakukan karena, kadar organik (COD) sampel limbah cair laboratorium kimia sangat tinggi dan nilai absorbansi yang diperoleh melebihi batas kurva kalibrasi. Dengan demikian, diperlukan pengenceran untuk menentukan kadar organik yang dapat terukur dalam kurva kalibrasi tersebut. Kadar organik yang diperoleh setelah proses adsorpsi dengan karbon aktif ditunjukkan pada Tabel 4.6 sebagai berikut :

Tabel 4.6 Nilai COD setelah proses adsorpsi dengan karbon aktif

Penambahan Adsorben (gram)	(y) Absorbansi (nm)	(x) COD (mg/L)
0	0,29984	2470,75
5	0,27641	2235,1
10	0,25203	1991,3
15	0,23601	1831,1
20	0,20213	1492,3
25	0,15535	1024,5

Adsorpsi dengan karbon aktif dapat menurunkan kadar organik sampel limbah cair seiring dengan meningkatnya jumlah adsorben. Hal ini membuktikan bahwa adsorben karbon aktif mampu mengadsorpsi senyawa organik yang terkandung dalam sampel limbah cair, karena terjadi penurunan kadar organik dengan jumlah adsorben 25 gram sebesar 58,53 %. Hal tersebut disebabkan senyawa organik masuk ke dalam pori-pori karbon aktif di mana struktur pori berhubungan dengan luas permukaan, semakin kecil pori-pori arang aktif, mengakibatkan luas permukaan semakin besar dan kecepatan adsorpsi bertambah. Namun, kadar organik yang diperoleh masih di atas batas baku mutu air limbah menurut KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri.

4.5 Pengaruh Dosis Adsorben Zeolit Terhadap Adsorpsi Fe, Mn, Cr dan COD

Zeolit merupakan unsur logam yang memiliki kegunaan sebagai adsorben dalam proses adsorpsi, karena sifat-sifat yang dimiliki zeolit antara lain, dehidrasi, katalisator, penukar ion, adsorben dan penyaring molekul. Limbah hasil pengolahan koagulasi dengan konsentrasi koagulan pada kondisi optimum, yaitu 19,2 mg/100 mL. Selanjutnya, dilakukan proses adsorpsi di mana filtrat tersebut ditambahkan adsorben zeolit dengan beberapa variasi konsentrasi, yaitu penambahan adsorben sebanyak 5 gram, 10 gram, 15 gram, 20 gram, dan 25 gram. Kemudian, filtrat yang telah ditambahkan adsorben, distirer selama satu jam yang bertujuan untuk pengadukan di mana terjadi penggabungan adsorben dengan filtrat hasil koagulasi sehingga tercampur. Pengadukan dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada partikel zeolit untuk bersinggungan dengan senyawa serapan. Setelah itu, didiamkan semalam, hal tersebut bertujuan untuk memberikan waktu bagi adsorben mencapai kesetimbangan sehingga diharapkan terjadi proses penyerapan yang maksimal.

Zeolit mengendap setelah didiamkan semalam karena zeolit tidak larut dalam air. Pada adsorben zeolit tidak mengalami perubahan warna yang signifikan seperti pada adsorben karbon aktif, karena perubahan warna yang terjadi hanya merubah warna filtrat hasil koagulasi menjadi kuning bening. Hal tersebut

membuktikan bahwa, zeolit tidak menyerap warna, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.11.



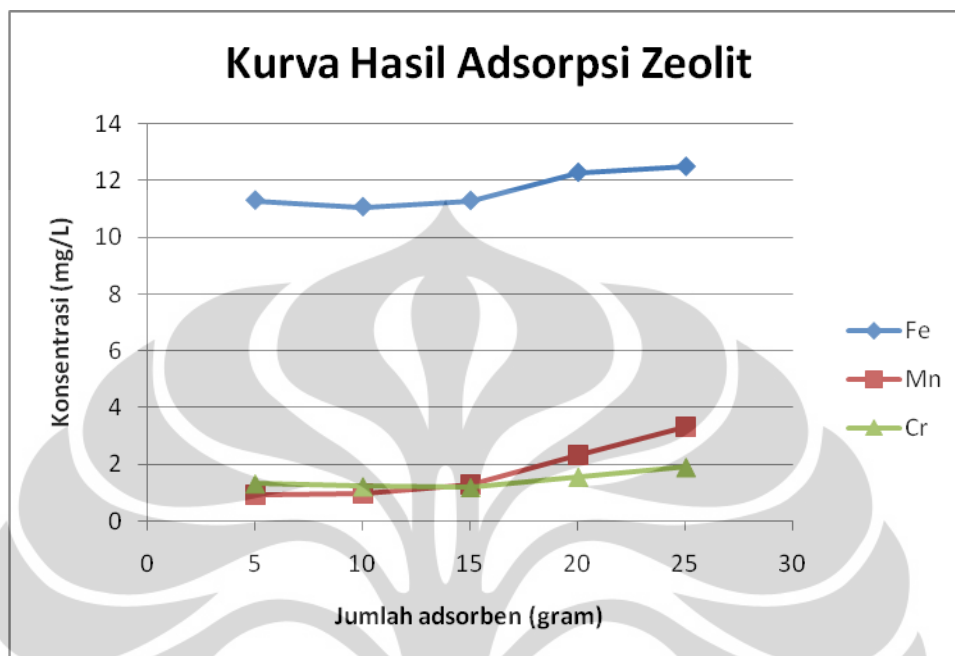
Gambar 4.11 Adsopsi Zeolit

Pada adsorpsi dengan zeolit, kadar logam berat Fe dan Mn mengalami peningkatan setelah proses koagulasi, sedangkan logam Cr mengalami penurunan. Hal tersebut menunjukkan bahwa adsorben zeolit belum maksimal menyerap logam Fe dan Mn dengan baik, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Data hasil adsorpsi logam berat Fe, Mn, Cr dengan zeolit

Zeolit yang ditambahkan (gram)	Konsentrasi Logam (mg/L)		
	Fe	Mn	Cr
0	10,92903	0,8300	1,9714
5	11,29548	0,933045	1,309735
10	11,06323	0,971202	1,20354
15	11,28258	1,302376	1,176991
20	12,27226	2,325414	1,554572
25	12,48	3,306695	1,896755

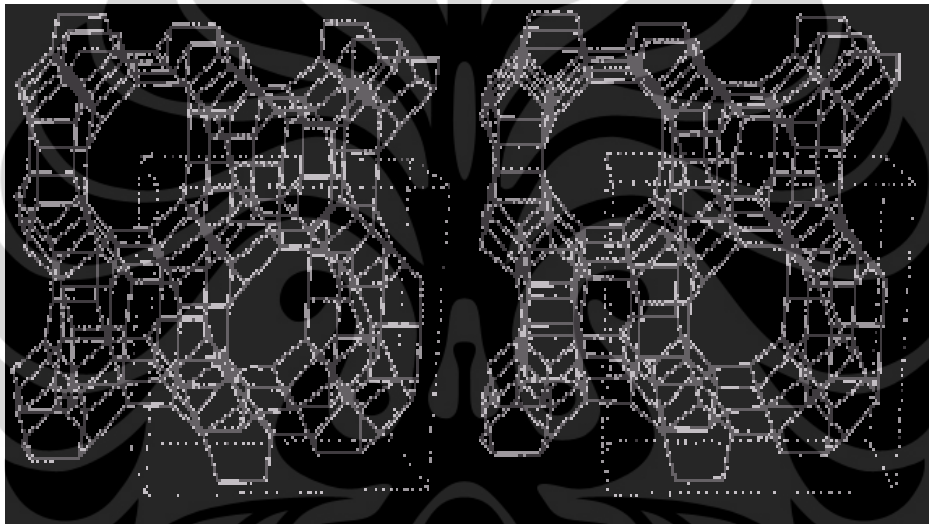
Dengan demikian, diperoleh kurva antara konsentrasi (mg/L) terhadap penambahan adsorben zeolit, seperti yang terlihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Variasi jumlah adsorben zeolit terhadap konsentrasi logam Fe, Mn, Cr

Kadar logam yang diperoleh setelah proses adsorpsi, jika dibandingkan dengan nilai kadar logam setelah proses koagulasi, ada yang bertambah dan ada pula yang berkurang pada penambahan adsorben tertentu. Peningkatan konsentrasi yang terjadi pada logam Fe dan Mn disebabkan oleh adanya pengotor yang terkandung dalam zeolit yang mengakibatkan konsentrasi Fe dan Mn meningkat. Hal tersebut terjadi karena tidak dilakukan pencucian dan aktivasi pada adsorben zeolit untuk mengetahui keefektifan adsorben apabila tidak dilakukan proses tersebut. Selain itu, masih terdapat air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit sehingga jumlah pori dan luas permukaan spesifiknya berkurang dan tidak mampu mengadsorpsi logam Fe dan Mn serta tidak terjadi proses pertukaran ion. Akan tetapi, terjadi penurunan konsentrasi pada logam Cr, namun terjadi peningkatan konsentrasi dari jumlah adsorben 20 gram ke 25 gram. Hal tersebut disebabkan oleh adsorben zeolit yang digunakan berasal dari toko kimia sehingga masih terdapat pengotor. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada penelitian ini, adsorben zeolit yang digunakan mampu mengadsorpsi logam Cr ke dalam pori-pori

zeolit dan terjadi pertukaran ion. Selain itu, hal tersebut juga dipengaruhi oleh berat molekul logam, di mana berat molekul Cr lebih kecil daripada Fe dan Mn. Pada struktur zeolit, semua atom Al dalam bentuk tertahedral sehingga atom Al akan bermuatan negatif karena berkoordinasi dengan 4 atom oksigen dan selalu dinetralkan oleh kation alkali atau alkali tanah untuk mencapai senyawa yang stabil, dalam penelitian ini Al dinetralkan oleh logam Cr yang bermuatan positif (kation). Kemampuan tukar kation zeolit ini banyak tergantung pada jumlah atom Al dalam struktur zeolit. Berikut adalah struktur *stereotip mordernit* memiliki pori yang dapat mengadsorpsi logam Cr, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 struktur *stereotip mordernit*

Nilai COD yang diperoleh merupakan nilai COD dengan sampel adsorpsi yang telah diencerkan sebanyak 10x. Hal tersebut dilakukan karena, kadar organik (COD) sampel limbah cair laboratorium kimia sangat tinggi dan nilai absorbansi yang diperoleh melebihi batas kurva kalibrasi. Dengan demikian, diperlukan pengenceran untuk menentukan kadar organik yang dapat terukur dalam kurva kalibrasi tersebut, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.8 sebagai berikut :

Tabel 4.8 Nilai COD setelah proses adsorpsi dengan zeolit

Penambahan Adsorben (gram)	(y) Absorbansi (nm)	(x) COD (mg/L)
0	0,29984	2470,75
5	0,26381	2109,1
10	0,24386	1909,6
15	0,21779	1648,9
20	0,20838	1554,8
25	0,16504	1121,4

Kadar organik yang dihasilkan setelah proses adsorpsi zeolit juga memengaruhi. Proses adsorpsi dengan zeolit dapat menurunkan kadar organik seiring dengan bertambahnya jumlah adsorben zeolit. Hal ini membuktikan bahwa adsorben zeolit mampu mengadsorpsi senyawa organik yang terkandung dalam sampel limbah cair, karena terjadi penurunan kadar organik dengan jumlah adsorben 25 gram sebesar 54,61%. Persentase yang diperoleh adsorben zeolit lebih kecil dibandingkan adsorben karbon aktif, yang menunjukkan adsorben karbon aktif lebih mampu mengadsorpsi senyawa organik daripada zeolit. Namun, kadar organik yang diperoleh setelah adsorpsi dengan zeolit masih di atas batas baku mutu air limbah menurut KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, untuk itu diperlukan proses pencucian dan aktivasi pada adsorben sebelum dilakukan pengolahan pada sampel limbah cair.

4.6 Analisis Limbah Setelah Perlakuan dengan Metode Koagulasi dan Adsorpsi

Hasil pengukuran keadaan limbah setelah dilakukan proses koagulasi ditunjukkan pada Tabel 4.9, sebagai berikut :

Tabel 4.9 Analisis akhir limbah

Parameter	Metode Analisis	Konsentrasi Awal	Konsentrasi setelah (koagulasi)	% Kadar Adsorpsi Karbon Aktif	% Kadar Adsorpsi Zeolit	Golongan Baku Mutu Limbah Cair	
						I	II
pH	pH meter	2,45	4-7			6-9	6-9
TDS (mg/L)	Gravimetri	8997	4773			2000	4000
TSS (mg/L)	Gravimetri	367	113,3			200	400
Suhu (°C)	Termometer	26	26			38	40
Kekeruhan (NTU)	Turbidimetri	45,64	2,97				
COD (mg/L)	Spektrofotometri	2668,55	2470,75	-58,53	-54,61	100	300
KMnO ₄ (mg/L)	Permanganometri	23,91	12,22				
Fe (mg/L)	AAS	75,54	10,92903	+ 3,95	+1,22	5	10
Mn (mg/L)	AAS	1,8799	0,8300	+63,8	+11,03	2	5
Cr (mg/L)	AAS	3,3681	1,9174	+7,5 %	-38,67	0,5	1

Keterangan :

- Golongan baku mutu limbah cair pada tabel bersumber : KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri
- Persentase adsorpsi yang diperoleh (+) mengalami peningkatan, (-) mengalami penurunan setelah proses koagulasi

Berdasarkan hasil data tersebut, pengolahan limbah secara koagulasi dapat menurunkan TSS = 69,13 %, TDS = 46,95 %, DHL = 72,33 %, kekeruhan = 93,5 %, KMnO_4 = 48,89 %, kadar organik (COD) = 7,4 %, dan kadar logam berat Fe = 85,53 %, Mn = 55,84 %, Cr = 43,07 %. Sedangkan, nilai pH menjadi tinggi dan nilai suhu tetap. Proses adsorpsi dengan karbon aktif dapat menurunkan kadar organik (COD) = 58,53 %, namun terjadi peningkatan kadar logam Fe = 3,95 %, logam Mn = 63,8 %, dan logam Cr = 7,5 %. Sedangkan, adsorpsi dengan zeolit dapat menurunkan kadar organik (COD) = 54,61 % serta logam Cr = 38,67 %, namun terjadi peningkatan kadar logam Fe = 1,22 % serta logam Mn = 11,02 %. Kadar organik mengalami penurunan setelah proses adsorpsi, namun tidak terlalu signifikan dan masih jauh di atas baku mutu limbah cair menurut KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri.

4.6.1 pH

pH adalah suatu parameter yang menyatakan banyaknya ion H^+ di dalam suatu larutan, nilai pH suatu perairan mencirikan keseimbangan antara asam dan basa dalam air dan merupakan ukuran konsentrasi ion hidrogen dalam larutan. Pengukuran pH penting dilakukan pada air limbah, dikarenakan limbah dalam suasana asam dapat menyebabkan pembentukan kerak dan korosi serta racun yang juga berbahaya bagi lingkungan.

Pada penelitian ini terutama dalam proses koagulasi, penentuan pH optimum merupakan langkah yang tepat dan mempengaruhi terbentuknya flok yang besar. Berdasarkan Tabel 4.2, pH optimum yang diperoleh adalah pada pH 4-7 dengan kondisi limbah dalam suasana menuju netral. Hal tersebut sangat baik dan aman untuk lingkungan agar terhindar dari terjadinya pembentukan kerak atau korosi bila limbah yang telah diolah dialirkan menuju lingkungan. Setelah itu, diuji tingkat kekeruhannya dengan tubidimeter dan pada kisaran pH 4-7 menghasilkan nilai turbiditas atau kekeruhan yang kecil dibandingkan pada pH 8-12 di mana tingkat kekeruhan yang diperoleh semakin meningkat.

4.6.2 Suhu

Suhu sangat mempengaruhi proses kelarutan suatu zat, karena semakin tinggi suhu, kalor yang dihasilkan juga semakin besar. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu, semakin tinggi pula kelarutan suatu zat dan sebaliknya. Pengukuran suhu sampel limbah cair laboratorium kimia tersebut menggunakan termometer air raksa atau alkohol yang mempunyai rentang suhu antara 0-100°C lebih. Pada penelitian ini, suhu yang sesuai dengan kondisi limbah adalah suhu ruang di mana padatan terlarut serta koloid yang terkandung di dalam limbah dapat terendapkan atau tergumpalkan ketika proses koagulasi.

Dengan demikian, suhu yang baik dalam proses pengolahan limbah cair laboratorium adalah pada suhu ruang, karena tidak akan mengganggu aktivitas kerja reaksi kimia yang terjadi dan apabila telah dialirkan ke lingkungan, limbah hasil pengolahan juga tidak akan mengganggu kehidupan di perairan lingkungan.

4.6.3 Daya Hantar Listrik (Konduktivitas)

Penentuan daya hantar listrik merupakan pengukuran kemampuan air limbah untuk menghantarkan arus listrik. Konduktivitas diukur dengan menggunakan alat konduktometer. Prinsip kerjanya mengukur perbandingan aliran listrik yang melalui sel terhadap voltase yang diberikan. Kapasitas atau kemampuan air limbah untuk menghasilkan arus listrik berhubungan erat dengan konsentrasi total zat terionisasi di dalam air. Zat-zat terlarut, seperti elektrolit kuat dan lemah, muatan ion, variasi mobilitas ionik, kekuatan ion dalam larutan, dan suhu air akan mempengaruhi besar kecilnya daya hantar spesifik suatu larutan. Pada umumnya senyawa anorganik, seperti logam-logam berat yang juga dapat menghantarkan listrik dan terkandung serta terlarut dalam air limbah ditemukan dalam bentuk ion-ion. Ion-ion ini menghantarkan aliran listrik dan bergerak ke arah elektroda-elektroda yang dicelupkan dalam larutan tersebut (Lilis, 2006). Ion-ion yang bermuatan negatif akan bermigrasi ke arah elektroda positif, dan sebaliknya ion-ion yang bermuatan positif akan bermigrasi ke arah elektroda negatif. Prinsip tersebut seperti pada sel elektrolisis.

Pada penelitian ini, terjadi penurunan pada nilai daya hantar listrik (DHL), pada pH optimum yang diperoleh berkisar antara pH 4-7 dimana keadaan limbah

dalam suasana asam menuju netral. Nilai daya hantar listrik (DHL) dapat menjadi tinggi karena adanya penambahan NaOH untuk mendapatkan kondisi optimum dari koagulan, di mana nilai konduktivitas Na tinggi yaitu sebesar 50 $\text{ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^2$ sehingga memengaruhi peningkatan nilai daya hantar listrik yang diperoleh pada pH 4-7. Nilai konduktivitas limbah awal adalah 101,2 mS pada pH 2,5. Nilai konduktivitas yang diperoleh setelah proses koagulasi pada tiap jenis koagulan yang digunakan pada penelitian ini, ditunjukkan pada Tabel 4.10. dengan kondisi pH optimum pada pH 6 sebagai berikut :

Tabel 4.10 Nilai Konduktivitas pada tiap jenis koagulan dalam kondisi optimum dengan konduktometri

Parameter	Jenis Koagulan	Analisis Awal	Analisis Akhir (pH 6)
Daya Hantar Listrik (DHL) (mS)	Tawas	101,9	29,2
	PAC	100,2	29,0
	Trimer 3626	101,5	28,8
	Trimer 6784	101,2	28,0

Berdasarkan Tabel 4.10 menunjukkan bahwa nilai daya hantar listrik (DHL) atau konduktivitas paling minimum dihasilkan oleh limbah dengan penambahan koagulan jenis trimer 6784, di mana koagulan tersebut merupakan koagulan yang sesuai dengan limbah cair laboratorium kimia pada penelitian ini. Nilai yang diperoleh adalah 28,0 mS pada pH 6 sehingga persentase penurunannya adalah 72,33 %. Dengan demikian, sampel limbah cair laboratorium kimia setelah proses koagulasi aman dilairkan ke lingkungan, karena daya hantar listrik yang merupakan pengukuran kemampuan air limbah untuk menghantarkan arus listrik berkurang.

4.6.4 Total Padatan (TDS (*Total Dissolved Solid*) dan TSS (*Total Suspended Solid*))

TDS (Total Dissolved Solids) merupakan analisis kadar padatan yang terlarut yang biasanya serupa dengan TSS, karena larutan sampel air yang dianalisis mengandung sejumlah padatan, misalnya sampel yang berasal dari air sungai. Pada penelitian ini, nilai TDS awal yang diperoleh adalah 8997 mg/L dan

terjadi penurunan setelah proses pengolahan secara koagulasi menjadi 4773 mg/L dengan persentase penurunan 46,95 %. Dalam prosesnya, gelas beaker kosong dioven hingga memperoleh massa konstan, kemudian sampel limbah cair laboratorium sebanyak 100 mL dimasukkan ke dalam beaker tersebut lalu diuapkan di atas *hot plate* yang bertujuan memperoleh massa total padatan terlarut dalam suatu larutan yang tidak tersaring oleh kertas saring pada proses TSS. Selanjutnya, hasil penguapan tersebut dioven hingga memperoleh massa konstan sehingga dapat diperoleh nilai TDS yang berasal dari pengurangan massa gelas beaker akhir dengan massa gelas beaker kosong.

TSS (Total Suspended Solid) merupakan suatu pengukuran jumlah mg/L padatan yang tidak larut atau tersuspensi dan biasanya terdapat sebagai padatan berpasir atau lumpur. Padatan terlarut pada proses TSS ini berupa padatan suspensi dan koloid yang terkandung dalam limbah. Oleh karena itu, dilakukan proses penyaringan air limbah. Proses yang dilakukan adalah dengan menimbang massa awal kertas saring kosong yang kemudian dioven hingga memperoleh massa konstan. Selanjutnya, sampel sebanyak 100 mL disaring menggunakan kertas saring whatmann dengan diameter 47 mm, lalu dioven dan ditimbang massanya hingga konstan. Tujuan pemanasan hingga memperoleh massa konstan adalah agar tidak ada kadar air yang mempengaruhi hasil padatan terlarut tersuspensi yang telah disaring. Pada penelitian ini, nilai TSS awal yang diperoleh adalah 367 mg/L dan terjadi penurunan setelah proses pengolahan secara koagulasi menjadi 113,3 mg/L dengan persentase penurunan 69,13 %.

4.6.5 Kekeruhan

Analisis kekeruhan atau turbiditas adalah analisis berdasarkan ketransparanan suatu contoh dalam kaitan dengan kehadiran partikel dalam suatu contoh. Parameter kekeruhan/turbiditas diukur dengan alat turbidimeter. Dalam penelitian, ada berbagai faktor yang mempengaruhi terjadinya kesalahan-kesalahan atau gangguan. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya kesalahan pada analisis kekeruhan antara lain, kuvet yang kotor, adanya gelembung udara dalam kuvet, getaran yang menyebabkan gerakan air dalam kuvet, dan adanya sedimen kasar yang mudah mengendap selama proses pembacaan berlangsung.

Pada penelitian ini, nilai turbiditas awal yang diperoleh adalah 45,64 NTU dan mengalami penurunan tingkat kekeruhan setelah proses koagulasi menjadi 2,97 NTU dengan persentase penurunan 93,5 %. Penurunan tingkat kekeruhan diperoleh pada proses koagulasi dengan kondisi optimumnya, yaitu penambahan koagulan sebanyak 19,2 mg/100 mL dengan jenis koagulan, yaitu Trimer 6784 diperoleh nilai kekeruhan terkecil 2,97 NTU. Rendahnya nilai kekeruhan yang diperoleh menunjukkan bahwa air limbah yang dihasilkan setelah proses pengolahan koagulasi menjadi bening atau tidak keruh sehingga baik untuk lingkungan yang dipengaruhi oleh berkurangnya koloid dan total padatan tersuspensi lainnya.

4.6.6 Permanganat (KMnO₄)

Pada penelitian ini, terjadi penurunan kadar permanganat (KMnO₄) dari 23,91 mg/L menjadi 12,22 mg/L dengan metode titrasi, persentase penurunan yang diperoleh adalah 48,89 %. Nilai permanganat ini menunjukkan adanya penurunan kandungan zat-zat organik dalam limbah cair laboratorium kimia tersebut. Prinsip nilai permanganat, yaitu jumlah permanganat yang dipergunakan untuk mengoksidasi senyawa organik dalam sampel limbah cair. Kelebihan permanganat direduksi oleh asam oksalat yang dilakukan dengan metode titrasi. Kelebihan oksalat dititrasi kembali dengan larutan kalium permanganat. Reaksi permanganat yang dipergunakan untuk mengoksidasi senyawa organik dalam sampel limbah cair adalah sebagai berikut :



Kelebihan kalium permanganat direduksi oleh asam oksalat, reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Dengan demikian, permanganat yang digunakan berhasil mengoksidasi senyawa organik dalam sampel air limbah cair laboratorium kimia yang diuji.

4.6.7 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

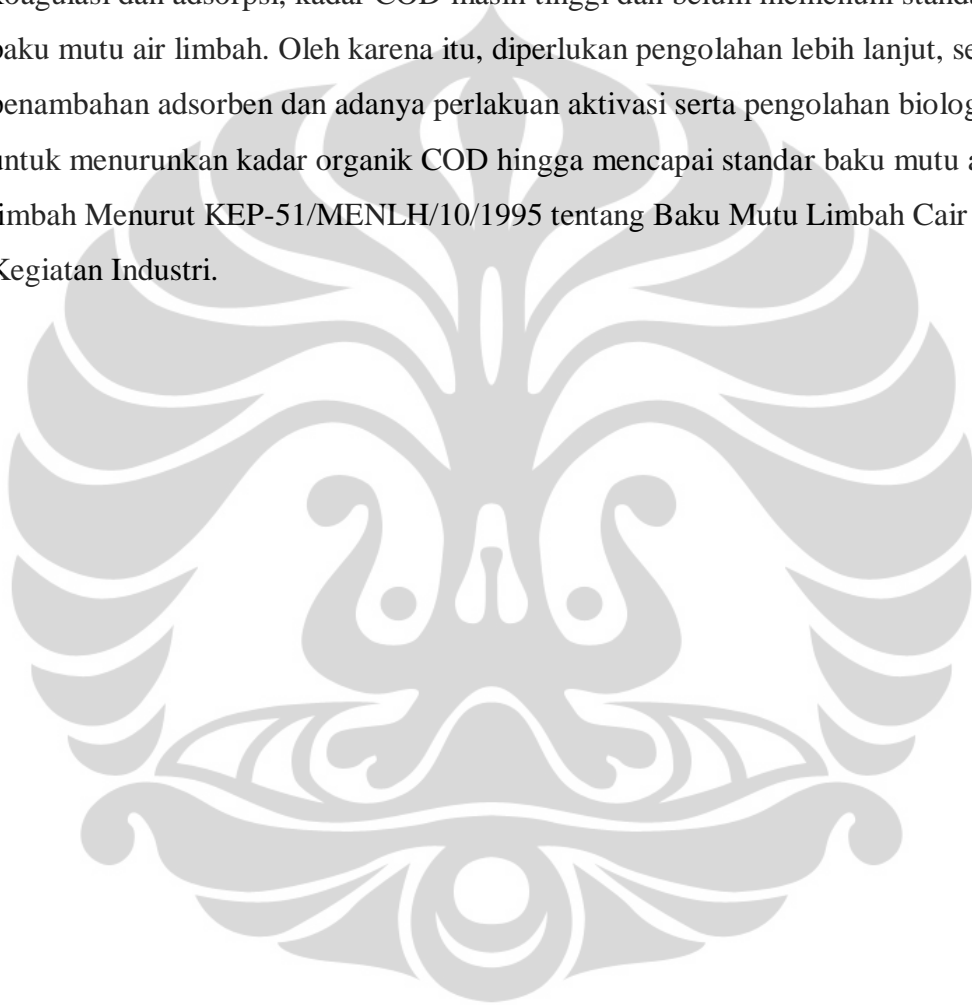
Hasil penetapan COD banyak digunakan untuk pengukuran beban pencemaran dari suatu air buangan atau limbah. Hasil penetapan COD menunjukkan kebutuhan oksigen total untuk mengoksidasi bahan-bahan organik dalam sampel air menjadi CO_2 dan H_2O . Setelah melalui proses adsorpsi, kadar organik (COD) pada limbah diukur dengan metode spektrofotometri UV-Vis.

Nilai COD yang diperoleh setelah penambahan adsorben karbon aktif sebanyak 25 gram menghasilkan 1024,5 mg/L dengan persentase penurunan 58,53 %. Selain itu, perubahan warna juga terjadi pada sampel limbah cair di mana unsur silika yang terkandung dalam karbon aktif merupakan kadar bahan yang keras dan tidak mudah larut dalam air, berfungsi sebagai pembersih partikel yang terkandung dalam air keruh untuk memperoleh air yang jernih. Selain itu, struktur karbon aktif yang berbentuk amorf dan mempunyai sifat kristal tertentu, berpori-pori, dan memiliki luas permukaan yang besar. Karbon aktif mampu mengadsorpsi senyawa organik dalam sampel limbah cair laboratorium kimia melalui lubang-lubang porous atau berpori di permukaan karbon aktif sehingga senyawa-senyawa pencemar tersebut terutama senyawa organik terjebak atau masuk ke dalam pori-pori yang berada di permukaan karbon aktif. Oleh karena itu, terjadi penyerapan warna, bau, dan kadar organik dalam sampel limbah cair laboratorium kimia.

Sedangkan, untuk adsorpsi dengan adsorben zeolit, warna sampel limbah uji tetap berwarna kuning. Namun, seiring dengan meningkatnya penambahan adsorben, warna limbah semakin bening (kuning bening) dan persentase penurunan kadar COD dengan adsorben zeolit adalah 54,61 %. Hal ini disebabkan kapasitas penyerap zeolit akan bertambah seiring dengan bertambahnya berat zeolit dan kecepatan pertukaran kation dalam zeolit dipengaruhi oleh besar butiran zeolit. Zeolit yang memiliki struktur berongga yang biasanya diisi oleh air dan kation dapat terjadi pertukaran dengan koloid yang bermuatan negatif. Selain itu, molekul yang tidak jenuh atau polar lebih mudah lolos sehingga senyawa organik tidak teradsorpsi sempurna oleh adsorben zeolit.

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa proses adsorpsi dengan karbon aktif dan zeolit dapat menurunkan kadar organik seiring dengan bertambahnya

penambahan adsorben karbon aktif. Namun, kadar organik yang diperoleh masih di atas batas baku mutu air limbah menurut KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri. Beberapa diantara parameter tersebut, setelah proses koagulasi terjadi penurunan kadar hingga masuk ke dalam standar baku mutu limbah, yakni TDS, TSS, kekeruhan, KMnO_4 , dan logam-logam berat Fe, Mn, Cr. Namun, untuk parameter COD, setelah dilakukan proses koagulasi dan adsorpsi, kadar COD masih tinggi dan belum memenuhi standar baku mutu air limbah. Oleh karena itu, diperlukan pengolahan lebih lanjut, seperti penambahan adsorben dan adanya perlakuan aktivasi serta pengolahan biologis untuk menurunkan kadar organik COD hingga mencapai standar baku mutu air limbah Menurut KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

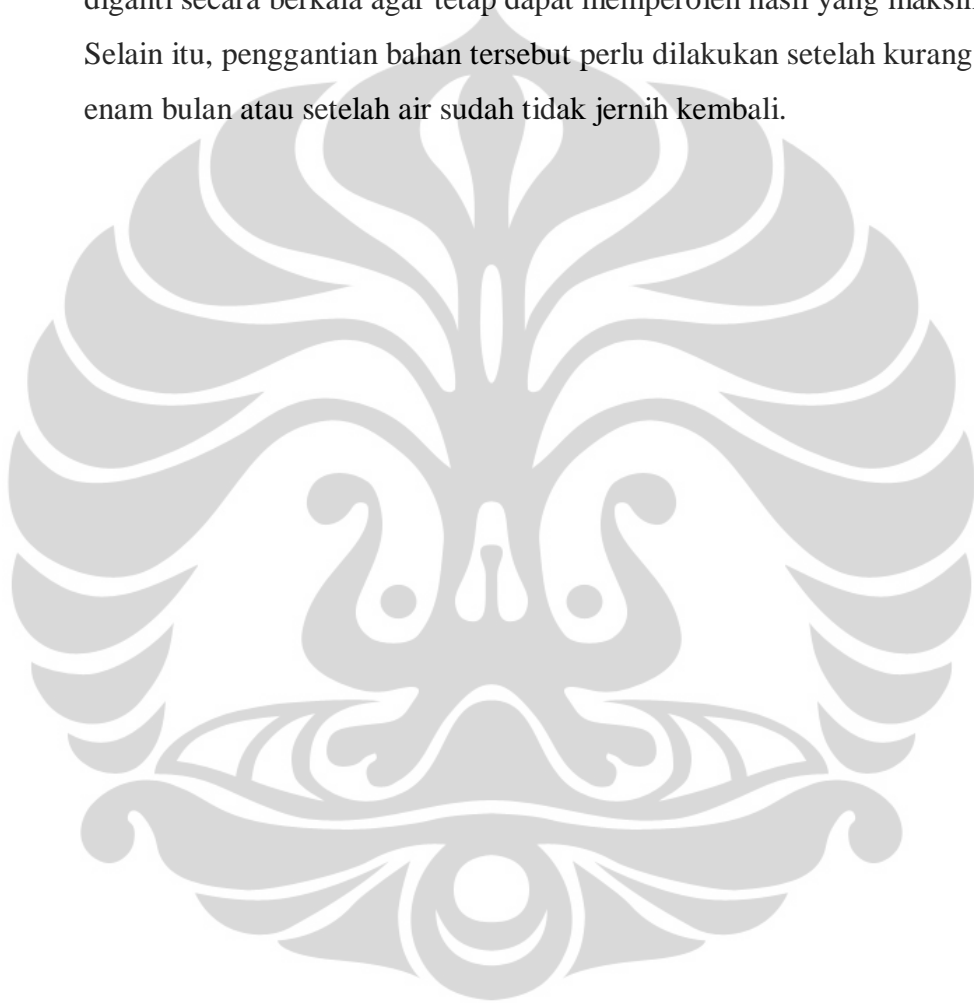
5.1 Kesimpulan

Hasil kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian mengenai pengolahan limbah cair laboratorium kimia dengan metode koagulasi dan adsorpsi adalah sebagai berikut :

- Pengolahan limbah secara koagulasi dapat menurunkan TSS = 69,13 %, TDS = 46,95 %, DHL = 72,33 %, kekeruhan = 93,5 %, KMnO_4 = 48,89 %, kadar organik (COD) = 7,4 %, dan kadar logam berat Fe = 85,53 %, Mn = 55,84 %, Cr = 43,07 % serta menjernihkan limbah. Sedangkan, nilai pH menjadi tinggi dan nilai suhu tetap. Jenis koagulan yang cocok untuk limbah cair laboratorium kimia ialah Trimer 6784 dengan kondisi optimum yang sesuai untuk limbah cair laboratorium kimia adalah konsentrasi koagulan sebanyak 19,2 mg/100 mL dengan kisaran pH 4-7 pada suhu ruang.
- Proses adsorpsi dengan karbon aktif dapat menjernihkan limbah, menghilangkan bau, merubah warna menjadi bening, dan penurunan kadar organik (COD) = 58,53 %, namun terjadi peningkatan kadar logam Fe = 3,95 %, logam Mn = 63,8 %, dan logam Cr = 7,5 %. Sedangkan, adsorpsi dengan zeolit merubah warna limbah menjadi kuning bening dan penurunan kadar organik (COD) = 54,61 % serta logam Cr = 38,67 %, tetapi terjadi peningkatan kadar logam Fe = 1,22 % serta logam Mn = 11,02 %.
- Adsorben karbon aktif granular dan zeolit yang digunakan belum efektif untuk mengadsorpsi kadar organik dengan jenis limbah cair laboratorium kimia, dikarenakan penurunan kadar organik dengan karbon aktif = 58,53 % dan zeolit = 54,61 % yang diperoleh masih di atas batas baku mutu air limbah menurut KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri.

5.2 Saran

- Perlu dilakukan pengolahan yang lebih baik.
- Preparasi terhadap adsorben yang akan digunakan agar permukaan adsorben lebih luas sehingga daya serap adsorben terhadap organik serta logam berat Fe, Mn, Cr lebih besar.
- Pada proses pengolahan air, tentunya bahan-bahan kimia tersebut harus diganti secara berkala agar tetap dapat memperoleh hasil yang maksimal. Selain itu, penggantian bahan tersebut perlu dilakukan setelah kurang lebih enam bulan atau setelah air sudah tidak jernih kembali.



DAFTAR PUSTAKA

- Air Limbah*. 2011. (Diakses: 2 Desember 2011, pukul 02.10 WIB). Tersedia di:
<http://www.airlimbah.com/category/wastewater-regulation/>.
- Alaert, G., diterjemahkan oleh Santika, S. 1984. *Metoda Penelitian Air dan Usaha Nasional*. Surabaya.
- Atkins, P.W. 1990. *Physical Chemistry*, 4th edition, Oxford University Press, Oxford.
- ATV, Industrieabwasser, Grundlage. 4. Auflage. Ernst & Sohn, Berlin, 1999 (in German).
- Brady, James. 1999. *Kimia Untuk Universitas*. Jakarta: Erlangga.
- Droste, R.L., [1975]. *Theory and Practice of Water and Waste Water Treatment*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Esmaeili, A., Ghasemi, S., Rustaiyan, A., J. Agric. & Environ. Sci. 3/6 (2008) 810.
- Ginting, Ir. Perdana. 2007. *Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri*. Bandung : CV. YRAMA WIDYA.
- Hartono, Lilis. 2006. *Pengolahan Limbah Industri Pembersih Rumah Tangga Secara Koagulasi*. Skripsi S1 Kimia Program Sarjana Universitas Indonesia.
- Isyuniarto, Widdi Usada, Suryadi, Agus Purwadi. 2011. *Proses Ozonisasi pada Limbah Cair Industri Gula*. Yogyakarta : PTAPB – BATAN.
- Khasanah, Eliya Nurul. 2009. *Adsorpsi Logam Berat*. Oseana, Vol 34 (4) : 1-7.

- Kiely, G., [1997]. *Environmental Engineering*, The McGraw-Hill Companies, London.
- Kumalasari, Fety dan Yogi Satoto. 2011. *Teknik Praktis Mengolah Air Kotor Menjadi Air Bersih*. Bekasi : Laskar Aksara.
- Lestari dan Edward. 2004. *Dampak Pencemaran Logam Berat Terhadap Kualitas Air Laut dan Sumberdaya Perikanan (Studi Kasus Kematian Massal Ikan-ikan di Teluk Jakarta)*. Makara, Sains. 8 (2): 52-58.
- Limbah. 2012. (Diakses: 5 Juni 2012, pukul 23.45 WIB). Tersedia di: <http://www.edukasi.net>.
- Lin, Shundar. 2001, *Water and Wastewater Calculation Manual*, McGraw-Hill, USA
- Mukimin, Aris. 2006. *Pengolahan Limbah Industri Berbasis Logam dengan Teknologi elektrokoagulasi flotasi*. Thesis S2 Magister Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
- Pencemaran Air*. (Diakses: 8 Desember 2011, pukul 23.33 WIB). Tersedia di: <http://www.bplhdjabar.go.id/index.php/did-you-know/lingkungan/305-pencemaran-air>.
- Penindo Caltex. 2011. *Coagulation and Flocculation*. Jakarta : Penindo Pratama.
- Poly-aluminium Chloride suppliers, Poly-aluminium Chloride Manufacturers*. (Diakses: 13 Juni 2012, pukul 14.30 WIB). Tersedia di: <http://www.chemnet.com>.
- Ranke, W. 2005. *Adsorption and Desorption*. (Diakses: 5 Juni 2012, pukul 23.55 WIB). Tersedia di: <http://edoc.mpg.de/246317>
- Setyo Budi, Sudi. 2006. *Penurunan Fosfat dengan Penambahan Kapur (Lime), Tawas, dan Filtrasi Zeolit pada Limbah Cair (Studi Kasus RS. Bethesda Yogyakarta)*. Thesis S2 Magister Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.

- Sihombing, Riwandi. 2002. *Penuntun Praktikum Analisa Air*. Depok : Departemen Kimia Fakultas MIPA Universitas Indonesia.
- Soemantojo. R.W, P. Wulan dan Yuliaty. 2002. *Presipitasi Bertahap Logam Berat Limbah Cair Industri Pelapisan Logam Menggunakan Larutan Kaustik Soda*. Tersedia di: [http://www.chemeng.ui.ac.id~wulan MateriResearchPresipitasi%20Bertahap%20Logam%20Berat.pdf](http://www.chemeng.ui.ac.id~wulan/MateriResearchPresipitasi%20Bertahap%20Logam%20Berat.pdf).
- Sugiharto. 1987. *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Suharto. 2011. *Limbah Kimia Dalam Pencemaran Udara dan Air*. Yogyakarta : ANDI OFFSET.
- Sunardi. 2010. *Penuntun Praktikum Kimia Analisa Instrumentasi*. Depok : Departemen Kimia Fakultas MIPA Universitas Indonesia.
- Suprihatin dan Nastiti Siswi Indrasti. 2010. *Penyisihan Logam Berat dari Limbah Cair Laboratorium dengan Metode Presipitasi dan Adsorpsi*. Makara Sains, Vol. 14 (1) : 44-50.
- Sutarti, M., dan Rachmawati, M. 1994. *Zeolit: Tinjauan literatur*. Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Jakarta.
- Tumin, N.D, A.L. Chuah, Z. Zawani, S.A. Rashid, *Journal of Engineering Science and Technology*, 3/2 (2008) 180.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1: Koagulan Trimer 6784 Yang Dipergunakan Untuk Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Kimia



Pembuatan Larutan Trimer 6784 5000 ppm

Trimer 6784 ditimbang sebanyak 0,5000 gram, kemudian dilarutkan dalam 100 mL air suling dan diaduk hingga larut sempurna.

$$\begin{aligned} \text{ppm trimer} &= \frac{0,5000 \text{ gram}}{100 \text{ gram}} \cdot 10^6 \\ &= 5000 \text{ ppm} \end{aligned}$$

LAMPIRAN 2:

Tabel Data Penentuan Jenis Koagulan dan Variasi Konsentrasi Secara Uji Jar

a. Tawas (Aluminium Sulfat)

konsentrasi kekeruhan	49,5 ppm	98,03 ppm	145,6 ppm	192,3 ppm	238,09 ppm
1	7,71	6,49	5,78	4,95	14,11
2	8,42	7,31	5,98	4,92	16,91
3	9,79	7,60	6,12	5,61	18,22
Rata-rata	8,64	7,13	5,96	5,16	16,85

b. Poly Aluminum Chloride (PAC)

konsentrasi kekeruhan	49,5 ppm	98,03 ppm	145,6 ppm	192,3 ppm	238,09 ppm
1	9,74	9,24	9,00	8,93	11,26
2	9,93	10,18	10,71	9,86	11,32
3	10,62	10,24	10,23	10,61	12,27
Rata-rata	10,09	9,88	9,98	9,80	11,61

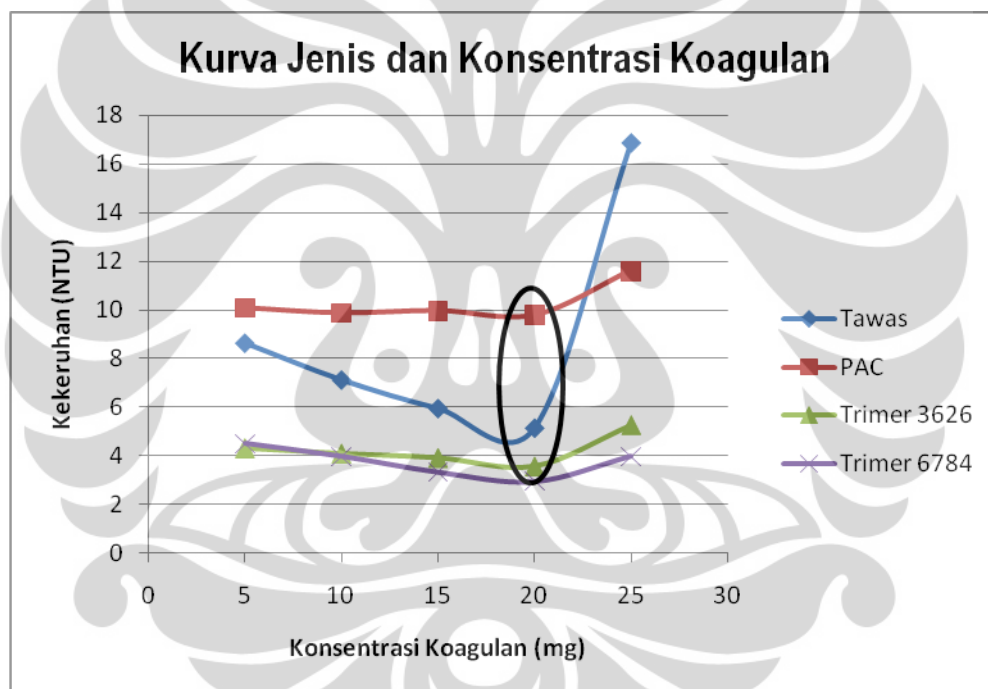
c. Trimer 3626

konsentrasi kekeruhan	49,5 ppm	98,03 ppm	145,6 ppm	192,3 ppm	238,09 ppm
1	3,41	3,76	2,96	2,72	4,56
2	4,27	4,38	4,10	4,01	5,46
3	5,29	4,17	4,71	4,02	5,78
Rata-rata	4,32	4,10	3,92	3,58	5,26

(lanjutan)

d. Trimer 6784

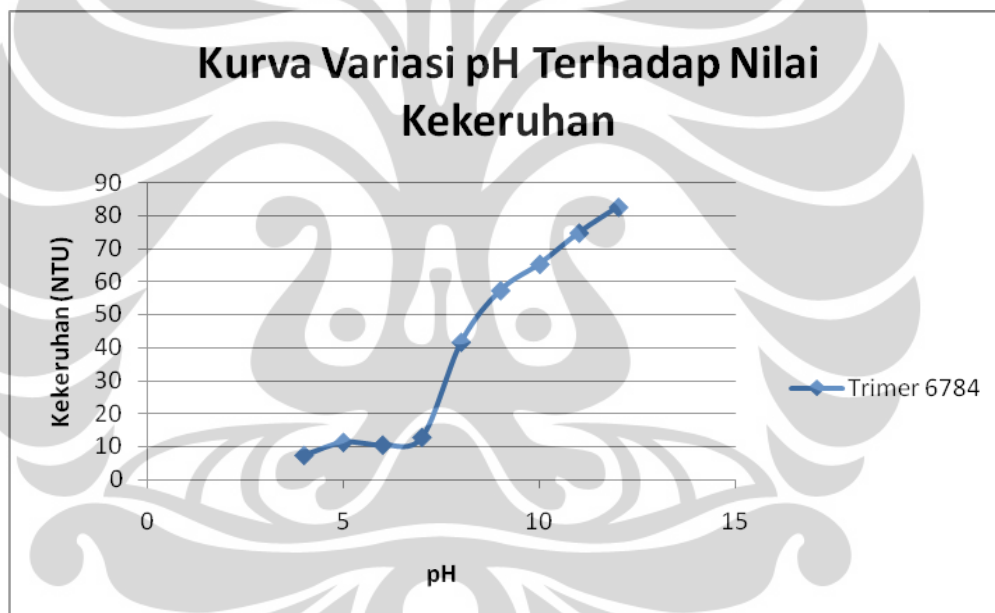
konsentrasi kekeruhan	49,5 ppm	98,03 ppm	145,6 ppm	192,3 ppm	238,09 ppm
1	3,51	2,94	3,83	2,57	2,53
2	4,69	4,42	2,48	2,62	4,31
3	5,31	4,60	3,74	3,62	5,13
Rata-rata	4,503	3,987	3,35	2,97	3,99

Kurva Jenis Koagulan dan Variasi Konsentrasi Secara Uji Jar

LAMPIRAN 3: Tabel Data Koagulan Trimer 6784 (192,3 ppm) Dengan Variasi pH Terhadap Nilai Kekeruhan

pH \ kekeruhan	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	7,66	12,28	10,49	10,79	43,06	57,00	53,68	64,46	76,97
2	8,37	10,29	11,17	14,01	43,00	55,00	66,68	76,46	83,97
3	6,02	11,31	9,78	13,68	39,00	60,00	75,68	83,46	86,97
Rata-rata	7,35	11,29	10,48	12,82	41,68	57,33	65,34	74,79	82,63

Kurva Variasi pH Terhadap Nilai Kekeruhan



LAMPIRAN 4: Data Analisis Total Padatan

1. Data analisis pendahuluan total padatan sampel limbah cair

Pengukuran	A	B	A	B	Volume Sampel (mL)	Total Padatan (mg/L)	
	I		II			I	II
1	101,1169	102,0462	106,1643	107,0500	100	9.293	8.857
2	101,1169	102,0403	106,1643	107,0414	100	9.234	8.771
3	101,1169	102,0315	106,1643	107,0325	100	9.146	8.682
Rata-rata						9.224	8.770

Keterangan:

I = Simplo

II= Duplo

Perhitungan :

TDS (mg/liter) = ((B-A)/ml sampel))

Keterangan : A = bobot kosong gelas piala (gram)

B = bobot gelas piala + sampel limbah setelah dioven

2. Data analisis hasil koagulasi total padatan sampel limbah cair

Pengukuran	A	B	A	B	Volume Sampel (mL)	Total Padatan (mg/L)	
	I		II			I	II
1	101,1237	101,5575	99,8595	100,3820	100	4.338	5.225
2	101,1237	101,5631	99,8595	100,3844	100	4.394	5.249
3	101,1237	101,5446	99,8595	100,3818	100	4.209	5.223
Rata-rata						4.314	5.232

LAMPIRAN 5: Data Analisis Total Padatan Tersuspensi

1. Data analisis pendahuluan total padatan tersuspensi sampel limbah cair

Pengukuran	A	B	A	B	Volume Sampel (mL)	Total Padatan (mg/L)	
	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)		I	II
	I		II				
1	0,0961	0,1328	0,0939	0,1318	100	367	379
2	0,0961	0,1326	0,0939	0,1316	100	365	377
3	0,0961	0,1314	0,0939	0,1302	100	353	363
Rata-rata						361	373

Keterangan:

I = Simplo

II= Duplo

TSS dengan perhitungan :

$TSS \text{ (mg/liter)} = ((B-A)/\text{ml sampel})$

Keterangan : A = bobot kosong kertas saring (gram)

B = bobot kertas saring + sampel limbah setelah dioven

2. Data analisis hasil koagulasi total padatan tersuspensi sampel limbah cair

Pengukuran	A	B	A	B	Volume Sampel (mL)	Total Padatan (mg/L)	
	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)		I	II
	I		II				
1	0,0941	0,1096	0,0945	0,1017	100	155	72
2	0,0941	0,1091	0,0945	0,1019	100	150	74
3	0,0941	0,1096	0,0945	0,1019	100	155	74
Rata-rata						153,3	73,3

LAMPIRAN 6: Data analisis KMnO₄ dengan permanganometri sampel limbah cair

1. Faktor Permanganat

Pengukuran	a (gram)	b	V (mL)	Faktor Permanganat KMnO ₄ (mg/L)
1	0,42	99,89	24,5	1,0223
2	0,42	99,89	24,3	1,0307
Rata-rata				1,0265

Keterangan: a = massa (gram) Na₂C₂O₄

b = purity/kemurnian (%) dari Na₂C₂O₄ (99,89%)

V = volume (ml) dari 0,025 N KMnO₄ + 22 ml volume awal yang ditambahkan (0,025 N KMnO₄)

Perhitungan:

$$F = a \times (25/250) \times (b/100) \times (1/(V \times 0,001675))$$

2. Data analisis pendahuluan KMnO₄ dengan permanganometri sampel limbah cair

Pengukuran	a (mL)	b (mL)	F	V (mL)	TOC (mg/L)
1	12	0,8	1,0223	100	22,89
2	13	0,8	1,0223	100	24,94
Rata-rata					23,91

$$\text{TOC (ppm)} = (a-b) \times F \times (1000/V) \times 0,2$$

Keterangan : a = volume (ml) KMnO₄ 0,025 M untuk sampel

b = volume (ml) KMnO₄ 0,025 M untuk blanko

V = volume larutan sampel

F = faktor dari larutan KMnO₄ 0,025 M
(faktor permanganat)

(lanjutan)

3. Data analisis hasil koagulasi KMnO_4 dengan permanganometri sampel limbah cair

Pengukuran	a (mL)	b (mL)	F	V (mL)	TOC (mg/L)
1	8	1,5	1,0223	100	13,28
2	7	1,5	1,0223	100	11,24
Rata-rata					12,22

$$\text{TOC (ppm)} = (a-b) \times F \times (1000/V) \times 0,2$$

Keterangan : a = volume (ml) KMnO_4 0,025 M untuk sampel

b = volume (ml) KMnO_4 0,025 M untuk blanko

V = volume larutan sampel

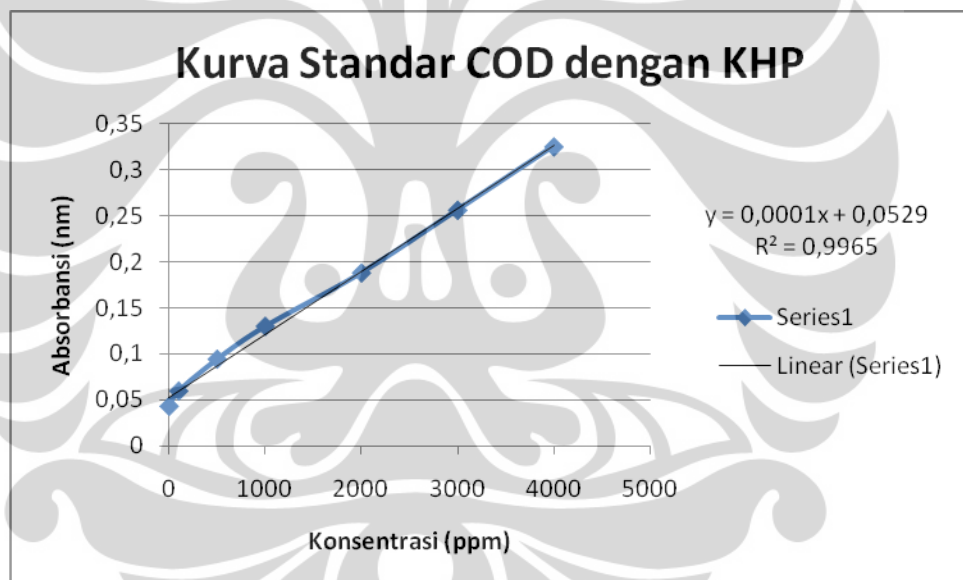
F = faktor dari larutan KMnO_4 0,025 M

(faktor permanganat)

LAMPIRAN 7: Chemical Oxygen Demand (COD)

1. Kurva Standar COD dengan KHP yang diperoleh :

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi (nm)
0	0,0425
100	0,05916
500	0,0939
1000	0,12973
2000	0,1879
3000	0,2563
4000	0,3254



2. Data analisis pendahuluan COD sampel limbah cair dengan pengenceran 10x

Pengukuran Sampel	(y) Absorbansi (nm)	(x) COD (mg/L)
1	0,31975	2668,5
2	0,31976	2668,6
Rata-rata	0,319755	2668,55

(lanjutan)

3. Data analisis hasil koagulasi COD sampel limbah cair dengan pengenceran 10x

Pengukuran Sampel	(y) Absorbansi (nm)	(x) COD (mg/L)
1	0,29984	2469,4
2	0,30011	2472,1
Rata-rata	0,29998	2470,75

4. Data analisis hasil adsorpsi COD sampel limbah cair dengan pengenceran 10x

• **Karbon Aktif**

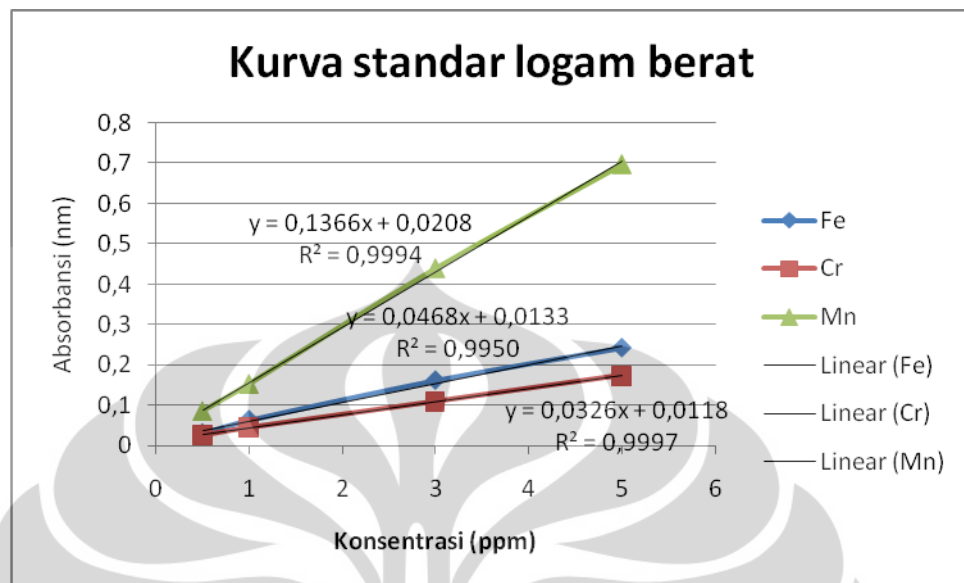
Penambahan Adsorben (gram)	(y) Absorbansi (nm)	(x) COD (mg/L)
5	0,27641	2235,1
10	0,25203	1991,3
15	0,23601	1831,1
20	0,20213	1492,3
25	0,15535	1024,5

• **Zeolit**

Penambahan Adsorben (gram)	(y) Absorbansi (nm)	(x) COD (mg/L)
5	0,26381	2109,1
10	0,24386	1909,6
15	0,21779	1648,9
20	0,20838	1554,8
25	0,16504	1121,4

LAMPIRAN 8: Data Analisis Logam-logam Berat (Fe, Cr, Mn)

1. Kurva Standar Logam-logam Berat (Fe, Cr, Mn)



Persamaan garis Fe: $y = 0,0468x + 0,0133$

Persamaan garis Cr: $y = 0,0326x + 0,0118$

Persamaan garis Mn: $y = 0,1366x + 0,0208$

Fe : $y = 0,0775x + 0,0091$

2. Data analisis pendahuluan logam-logam Berat (Fe, Cr, Mn) sampel limbah cair

- Logam Fe

Persamaan garis Fe: $y = 0,0468x + 0,0133$

Pengukuran Sampel	(y) Absorbansi (nm)	(x) Konsentrasi (mg/L)
	Pengenceran 100x	Pengenceran 100x
1	0,0520	0,8269
2	0,0453	0,6838
Rata-rata	0,0486	0,7554

(lanjutan)

- **Logam Cr**Persamaan garis Cr: $y = 0,0326x + 0,0118$

Pengukuran Sampel	(y) Absorbansi (nm)	(x) Konsentrasi (mg/L)
	Tanpa pengenceran	Tanpa pengenceran
1	0,1179	3,2546
2	0,1253	3,4816
Rata-rata	0,1216	3,3681

- **Logam Mn**Persamaan garis Mn: $y = 0,1366x + 0,0208$

Pengukuran Sampel	(y) Absorbansi (nm)	(x) Konsentrasi (mg/L)
	Tanpa pengenceran	Tanpa pengenceran
1	0,2780	1,8828
2	0,2772	1,8770
Rata-rata	0,2776	1,8799

(lanjutan)

3. Data analisis hasil koagulasi logam-logam Berat (Fe, Cr, Mn) sampel limbah cair

Jenis logam	(y) Absorbansi (nm)	(x) Konsentrasi (mg/L)
Fe	0,8561	10,92903
Mn	0,1276	0,830094
Cr	0,0719	1,917404

4. Data analisis hasil adsorpsi logam-logam Berat (Fe, Cr, Mn) sampel limbah cair

Fe

Karbon aktif yg ditambahkan (gram)	(y) Absorbansi (nm)	Konsentrasi (mg/L)
5	0,8889	11,35226
10	0,973	12,43742
15	0,9926	12,69032
20	1,0067	12,87226
25	0,9707	12,40774

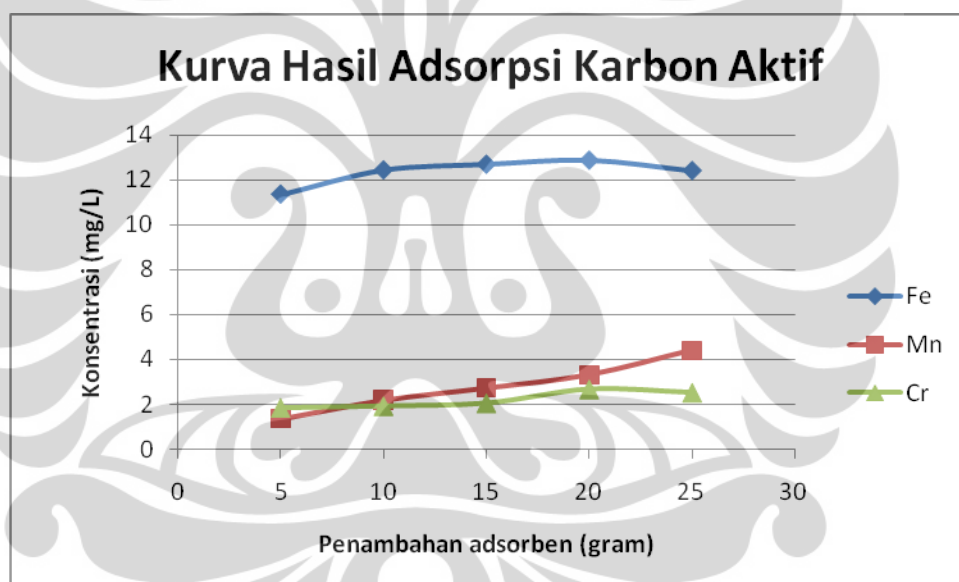
Mn

Karbon aktif yg ditambahkan (gram)	(y) Absorbansi (nm)	Konsentrasi (mg/L)
5	0,2013	1,360691
10	0,3161	2,187185
15	0,3909	2,725702
20	0,4726	3,313895
25	0,6224	4,392369

(lanjutan)

Cr

Karbon aktif yg ditambahkan (gram)	(y) Absorbansi (nm)	Konsentrasi (mg/L)
5	0,0698	1,855457
10	0,0725	1,935103
15	0,0768	2,061947
20	0,0977	2,678466
25	0,0927	2,530973



(lanjutan)

Fe

Zeolit yg ditambahkan (gram)	(y) Absorbansi (nm)	Konsentrasi (mg/L)
5	0,8845	11,29548
10	0,8665	11,06323
15	0,8835	11,28258
20	0,9602	12,27226
25	0,9763	12,48

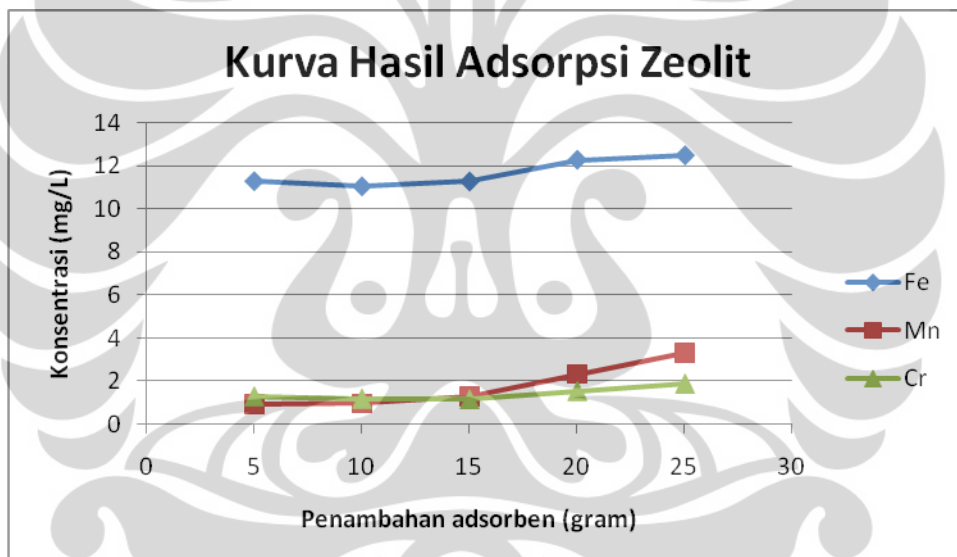
Mn

Zeolit yg ditambahkan (gram)	(y) Absorbansi (nm)	Konsentrasi (mg/L)
5	0,1419	0,933045
10	0,1472	0,971202
15	0,1932	1,302376
20	0,3353	2,325414
25	0,4716	3,306695

(lanjutan)

Cr

Zeolit yg ditambahkan (gram)	(y) Absorbansi (nm)	Konsentrasi (mg/L)
5	0,0513	1,309735
10	0,0477	1,20354
15	0,0468	1,176991
20	0,0596	1,554572
25	0,0712	1,896755



LAMPIRAN 9 : Data Analisis Daya Hantar Listrik Limbah Dalam Kondisi Optimum

limbah awal : 101,2 mS

Parameter	Metode Analisis	Jenis Koagulan	Analisis Awal	Analisis Akhir (pH 6)
Daya Hantar Listrik (DHL) (mS)	Konduktometri	Tawas	101,9	29,2
		PAC	100,2	29,0
		Trimer 3626	101,5	28,8
		Trimer 6784	101,2	28,0

LAMPIRAN 10 : Data Analisis Awal dan Akhir Limbah dengan Perbandingan Baku Mutu Limbah Cair

Menurut KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri

Parameter	Metode Analisis	Konsentrasi Awal	Konsentrasi setelah (koagulasi)	% Kadar Adsorpsi Karbon Aktif	% Kadar Adsorpsi Zeolit	Golongan Baku Mutu Limbah Cair	
						I	II
pH	pH meter	2,45	4-7			6-9	6-9
TDS (mg/L)	Gravimetri	8997	4773			2000	4000
TSS (mg/L)	Gravimetri	367	113,3			200	400
Suhu (°C)	Termometer	26	26			38	40
Kekeruhan (NTU)	Turbidimetri	45,64	2,97				
COD (mg/L)	Spektrofotometri	2668,55	2470,75	-58,53	-54,61	100	300
KMnO ₄ (mg/L)	Permanganometri	23,91	12,22				
Fe (mg/L)	AAS	75,54	10,92903	+ 3,95	+1,22	5	10
Mn (mg/L)	AAS	1,8799	0,8300	+63,8	+11,03	2	5
Cr (mg/L)	AAS	3,3681	1,9174	+7,5	-38,67	0,5	1

Keterangan :

- Golongan baku mutu limbah cair pada tabel bersumber : KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri
- Persentase adsorpsi yang diperoleh (+) mengalami peningkatan, (-) mengalami penurunan setelah proses koagulasi

LAMPIRAN 11: Perincian Biaya Pengadaan Satu Unit Instalasi Pengolah Limbah Kapasitas 10.000 Liter / Hari

No	Keterangan	Unit	Harga/Unit	Harga (Rp)	TOTAL
I	Sasis dan Perlengkapan instalasi	1			
II	Sistem Pengolah Limbah				
	Perpipaan instalasi dan fitting	1			
	Pompa Air Limbah	1			
	Pompa airasi	1			
	Dosing Pump	4			
	Chemical Tank	5			
	Reaktor Tank	1			
	Pressure Filter	1			
	Koagulan PAC	1	2000 Kg	30.000.000	
	Koagulan Tawas	1	2000 Kg	16.000.000	
	Zeolit Filter	1	2500 Kg	12.500.000	
	Activated Carbon Filter	1	2500 Kg	35.000.000	
III	Perlengkapan :				
	Flow meter				
	Pressure Gauge				
	Regulator Valve, Check Valve				
	Panel Kontrol				
IV	Bak Air				
	Bak Air Limbah kapasitas 10000 liter	1			
	Bak Air Olahan kapasitas 5000 liter	1			
V	Monitor				
	TDS Meter	1			
	Turbidity Meter	1			
VI	TESTING DAN KOMISIONING	1			
VII	EKSPEDISI dan ASURANSI	1			
	TOTAL SYSTEM				
VIII	PELATIHAN				
	Akomodasi dan transport	1			
	TOTAL			93.500.000	