

TA/TL/2007/0165

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/BELI	
TGL. TERIMA :	10 Mei 2007
NO. JUDUL :	002424
NO. INV. :	620002424001
NO. INDUK :	

TUGAS AKHIR

PENURUNAN KONSENTRASI
Chemical Oxygen Demand (COD),
Total Suspended Solid (TSS) dan Timbal (Pb)
PADA LIMBAH LABORATORIUM KIMIA TERPADU
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
MENGGUNAKAN KARBON ARANG AKTIF

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

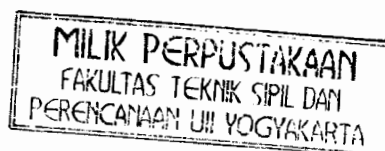


Disusun Oleh :

Nama : Muhamat Selamat

No. MHS : 01 5130 21

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2007



LEMBAR PENGESAHAN

PENURUNAN KONSENTRASI
Chemical Oxygen Demand (COD),
Total Suspended Solid (TSS) dan Timbal (Pb)
PADA LIMBAH LABORATORIUM KIMIA TERPADU
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Nama : Muhamat Selamat

No. MHS : 01 513 021

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen pembimbing I

Ir. H. Kasam, MT

Tanggal :

8 - 3 - 07

Dosen pembimbing II

Andik Yulianto, ST

Tanggal :

Halaman Persembahan

*Tidak Akan Cukup Lautan Menjadi Tinta dan Ranting Pohon
Menjadi Pena Untuk Menuliskan Betapa Banyak Rahmat dan
Nikmat yang Engkau Limpahkan kepadaku Ya Rabb.*

*Ketika Semua Umat Manusia di Kumpulkan di Padang Mashyar
Maka Jadikanlah Aku Bagian Dari Umat Manusia Yang
Mendapat Sinar Syafaatmu ya Muhammad SAW bin Abdullah.*

*Secercah Harapan dan Sekelumit Impian Menjadi Munajad
Ketika Aku di Lahirkan, Tidak Banyak Yang diHarapkan dan
diImpikan Mereka "Rohani Syafawi dan Roswarni Wahid"
Kepadaku, Begitu Sederhananya Apa Yang Menjadi Harapan
dan Impian Mereka" Rohani Syafawi dan Roswarni Wahid"
Kepadaku Jadilah Manusia Yang Lebih Dari Mereka "Rohani
Syafawi dan Roswarni Wahid".*

*Kegagalanku Adalah Kegagalanku, Kesalahanku Adalah
Kesalahanku Tapi Keberhasilaku dan Kesuksessanku Adalah
Keberhasilan dan Kesuksessan Kalian Semua, Untukmu Guru-
Guruku, Saudara-Saudaraku dan Sahabat-Sahabatku Karena
Kalian Adalah Manusia-Manusia Yang Berjiwa Besar dan
Terlahir Bukan Sebagai Pecundang.*

Motto

*Modalku Ma'rifat, Akal Mendasari Agamaku, Cinta Asasku,
Rindu Kendaraanku, Dzikrullah Keluwesanku, Terpercaya
Adalah Simpanaku, Prihatin Menjadi Temanku, Ilmu Senjataku,
Sabar Pakaianku, Ridha Keuntunganku, Melarat Kebanggaanku,
Zuhud Pekerjaanku, Keyakinan Menjadi Potensi Diriku,
Kejujuran Pelindungku, Ketaatan Menjadi Kecukupanku,
Berjuang itu Perangaiku, dan Keresapan Mataku Berada Dalam
Shalat.*

(Rasullallah SAW)



KATA PENGANTAR

Assalamu alaikum, Wr, Wb

Segala puji hanya bagiNya, penguasa setiap hembus nafas, pemilik jiwa yang penuh cinta, Tuhan yang teramat sayang pada hamba-hamba. Dia jadikan hamba sebagai ujian bagi hamba lainnya, Dia jadikan pula penolong bagi lainnya. Keselamatan dan keberkahan semoga selalu terlimpah, tercurah, kepada manusia terkasih, Muhammad bin Abdullah, yang selalu mengajari kita agar amanah dalam bekerja, semangat berkorban dalam berkarya, cinta dalam berusaha, semoga kesemuanya itu dapat mengilhami perjalanan kehidupan kita semua.

Dengan semua rahmat-Nya juga sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **Penurunan Konsentrasi COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*) dan Pb (*Timbal*) Dalam Limbah Laboratorium Kimia Terpadu Universitas Islam Indonesia Menggunakan Karbon Arang Aktif.**

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus ditempuh untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

Selama menyelesaikan tugas akhir ini, penyusun telah banyak mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu tugas akhir ini.

Wassalamualaikum, Wr, Wb

Jogjakarta, Maret 2007

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
INTISARI	xvi
ABSTRACT	xvii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	6
2.2 TSS (<i>Total Suspended Solid</i>)	8
2.3 Timbal (<i>Pb</i>)	11
2.4 Karbon Aktif (<i>Arang Aktif</i>)	15

2.4.1	Syarat Mutu Arang Aktif	17
2.4.2	Proses Pembuatan	18
2.4.3	Karakteristik Karbon Aktif	19
2.5	Adsorpsi	23
2.5.1	Mekanisme Adsorpsi	24
2.5.2	Faktor-faktor yang mempengaruhi Adsorpsi	25
2.6	Isoterm Adsorpsi	27
2.7	Regenerasi Karbon	29
2.8	Hipotesa	29

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Jenis Penelitian	31
3.2	Lokasi Penelitian	31
3.3	Objek Penelitian	31
3.4	Kerangka Penelitian	31
3.5	Parameter dan Variabel Penelitian	33
3.5.1	Parameter Penelitian	33
3.5.2	Variabel Penelitian	33
3.6	Metode Pelaksanaan Penelitian	33
3.6.1	Prosedur Pelaksanaan Penelitian	33
3.6.1.1	Proses <i>Batch</i>	33
3.6.2	Pemeriksaan Hasil Penelitian	34
3.7	Analisa Data	35

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1.	Hasil Penelitian Konsentrasi COD, TSS dan Pb	36
4.1.1.	Hasil Pengujian Awal Konsentrasi COD, TSS dan Pb sebelum Proses Adsorpsi	36
4.1.2.	Hasil Pengujian Pengaruh Waktu Pengadukan dan Berat Karbon Aktif Terhadap Efisiensi Penurunan Konsentrasi COD Pengujian 1, 2 dan 3	36
4.1.3.	Hasil Pengujian Pengaruh Waktu Pengadukan dan Berat Karbon Terhadap Efisiensi Penurunan Konsentrasi TSS Pengujian 1, 2 dan 3	46
4.1.4.	Hasil Pengujian Pengaruh Waktu Pengadukan dan Berat Karbon Aktif Terhadap Efisiensi Penurunan Konsentrasi Pb Pengujian 1, 2 dan 3	53
4.1.5.	Analisa Data untuk Adsorpsi Tes Statistik Isoterm Langmuir, Freundlich dan BET	61
4.1.6.	Isoterm Langmuir, Freundlich dan BET Adsorpsi Konsentrasi COD	61
4.1.6.1.	Isoterm Langmuir COD Pengujian 1, 2, 3	61
4.1.6.2.	Isoterm Freundlich COD Pengujian 1, 2, 3	66
4.1.6.3.	Isoterm BET COD Pengujian 1, 2, 3	70
4.1.7.	Isoterm Langmuir, Freundlich dan BET Adsorpsi Konsentrasi Pb	74
4.1.7.1.	Isoterm Langmuir Pb Pengujian 1, 2, 3	74
4.1.7.2.	Isoterm Freundlich Pb Pengujian 1, 2, 3	79

4.1.7.3	Isoterm BET Pb Pengujian 1, 2, 3	83
4.2	Hasil Model Isoterm Langmuir, Freundlich dan BET Untuk COD dan Pb	86
4.2.1	Hasil Adsorpsi COD Model Langmuir, Freundlich dan BET	87
4.2.2	Hasil Adsorpsi Pb Model Langmuir, Freundlich dan BET	88
4.3	Analisa Hasil Penelitian COD, TSS dan Pb untuk Pengolahan Limbah Laboratorium Kimia Terpadu UII	89
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1.	Kesimpulan	92
5.2.	Saran	93
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

- Tabel 2.1 Beberapa Sifat Fisik Timbal (Pb)
- Tabel 2.2 Kandungan Senyawa Timbal (Pb) dalam Gas Kendaraan Bermotor
- Tabel 2.3 Manfaat Arang Aktif Untuk Zat Cair
- Tabel 2.4 Syarat Mutu Arang Aktif
- Tabel 2.5 Karakteristik dari beberapa Kabon Aktif Granular Komersil
- Tabel 3.1 Diagram Alir Penelitian
- Tabel 4.1 Hasil Pengujian Awal Konsentrasi COD, TSS dan Pb sebelum Proses Adsorpsi
- Tabel 4.2 Hasil Pengujian Pengaruh Waktu Pengadukan dan Berat Karbon Aktif terhadap Penurunan Konsentrasi COD Pengujian Pertama (1)
- Tabel 4.3 Hasil Pengujian Pengaruh Waktu Pengadukan dan Berat Karbon Aktif terhadap Penurunan Konsentrasi COD Pengujian ke Dua (2)
- Tabel 4.4 Hasil Pengujian Pengaruh Waktu Pengadukan dan Berat Karbon Aktif terhadap Penurunan Konsentrasi COD Pengujian ke Tiga (3)
- Tabel 4.5 Hasil Pengujian Pengaruh Waktu Pengadukan dan Berat Karbon Aktif terhadap Penurunan Konsentrasi TSS Pengujian Pertama (1)
- Tabel 4.6 Hasil Pengujian Pengaruh Waktu Pengadukan dan Berat Karbon Aktif terhadap Penurunan Konsentrasi TSS Pengujian ke Dua (2)
- Tabel 4.7 Hasil Pengujian Pengaruh Waktu Pengadukan dan Berat Karbon aktif terhadap Penurunan Konsentrasi TSS Pengujian ke Tiga (3)
- Tabel 4.8 Hasil Pengujian Pengaruh Waktu Pengadukan dan Berat Karbon Aktif terhadap Penurunan Konsentrasi Pb Pengujian Pertama (1)

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Pengaruh Waktu Pengadukan dan Berat Karbon Aktif terhadap Penurunan Konsentrasi Pb Pengujian ke Dua (2)

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Pengaruh Waktu Pengadukan dan Berat Karbon Aktif terhadap Penurunan Konsentrasi Pb Pengujian ke Tiga (3)

Tabel 4.11 Perhitungan COD Model Langmuir Pengujian Pertama (1)

Tabel 4.12 Nilai C Hasil Adsorpsi COD Pengujian Pertama (1)

Tabel 4.13 Perhitungan COD Model Langmuir Pengujian ke Dua (2)

Tabel 4.14 Nilai C Hasil Adsorpsi COD Pengujian ke Dua (2)

Tabel 4.15 Perhitungan COD Model Langmuir Pengujian ke Tiga (3)

Tabel 4.16 Nilai C Hasil Adsorpsi COD Pengujian ke Tiga (3)

Tabel 4.17 Perhitungan COD Model Freundlich Pengujian Pertama (1)

Tabel 4.18 Nilai C Hasil Adsorpsi COD Pengujian Pertama (1)

Tabel 4.19 Perhitungan COD Model Freundlich Pengujian ke Dua (2)

Tabel 4.20 Nilai C Hasil Adsorpsi COD Pengujian ke Dua (2)

Tabel 4.21 Perhitungan COD Model Freundlich Pengujian ke Tiga (3)

Tabel 4.22 Nilai C Hasil Adsorpsi COD Pengujian ke Tiga (3)

Tabel 4.23 Perhitungan COD Model BET Pengujian Pertama (1)

Tabel 4.24 Nilai C Hasil Adsorpsi COD Pengujian Pertama (1)

Tabel 4.25 Perhitungan COD Model BET Pengujian ke Dua (2)

Tabel 4.26 Nilai C Hasil Adsorpsi COD Pengujian ke Dua (2)

Tabel 4.27 Perhitungan COD Model BET Pengujian ke Tiga (3)

Tabel 4.28 Nilai C Hasil Adsorpsi COD Pengujian ke Tiga (3)

Tabel 4.29 Perhitungan Pb Model Langmuir Pengujian Pertama (1)

Tabel 4.30 Nilai C Hasil Adsorpsi Pb Pengujian Pertama (1)

Tabel 4.31 Perhitungan Pb Model Langmuir Pengujian ke Dua (2)

Tabel 4.32 Nilai C Hasil Adsorpsi Pb Pengujian ke Dua (2)

Tabel 4.33 Perhitungan Pb Model Langmuir Pengujian ke Tiga (3)

Tabel 4.34 Nilai C Hasil Adsorpsi Pb Pengujian ke Tiga (3)

Tabel 4.35 Perhitungan Pb Model Freundlich Pengujian Pertama (1)

Tabel 4.36 Nilai C Hasil Adsorpsi Pb Pengujian Pertama (1)

Tabel 4.37 Perhitungan Pb Model Freundlich Pengujian ke Dua (2)

Tabel 4.38 Nilai C Hasil Adsorpsi Pb Pengujian ke Dua (2)

Tabel 4.39 Perhitungan Pb Model Freundlich Pengujian ke Tiga (3)

Tabel 4.40 Nilai C Hasil Adsorpsi Pb Pengujian ke Tiga (3)

Tabel 4.41 Perhitungan Pb Model BET Pengujian Pertama (1)

Tabel 4.42 Nilai C Hasil Adsorpsi Pb Pengujian Pertama (1)

Tabel 4.43 Perhitungan Pb Model BET Pengujian ke Dua (2)

Tabel 4.44 Nilai C Hasil Adsorpsi Pb Pengujian ke Dua (2)

Tabel 4.45 Perhitungan Pb Model BET Pengujian ke Tiga (3)

Tabel 4.46 Nilai C Hasil Adsorpsi Pb Pengujian ke Tiga (3)

Tabel 4.47 Hasil Isoterm Adsorpsi COD Pengujian Pertama (1)

Tabel 4.48 Hasil Isoterm Adsorpsi COD Pengujian ke Dua (2)

Tabel 4.49 Hasil Isoterm Adsorpsi COD Pengujian ke Tiga (3)

Tabel 4.50 Hasil Isoterm Adsorpsi Pb Pengujian Pertama (1)

Tabel 4.51 Hasil Isoterm Adsorpsi Pb Pengujian ke Dua (2)

Tabel 4.52 Hasil Isoterm Adsorpsi Pb Pengujian ke Tiga (3)

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Arang Aktif Granular
- Gambar 2.2 Permukaan Pori – pori Karbon Aktif
- Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian
- Gambar 4.1 Grafik Konsentrasi Awal dan Konsentrasi Akhir COD Pengujian Pertama (1)
- Gambar 4.2 Grafik Efisiensi Konsentrasi COD Pengujian Pertama (1)
- Gambar 4.3 Grafik Konsentrasi Awal dan Konsentrasi Akhir COD Pengujian ke Dua (2)
- Gambar 4.4 Grafik Efisiensi Konsentrasi COD Pengujian ke Dua (2)
- Gambar 4.5 Grafik Konsentrasi Awal dan Konsentrasi Akhir COD Pengujian ke Tiga (3)
- Gambar 4.6 Grafik Efisiensi Konsentrasi COD Pengujian ke Tiga (3)
- Gambar 4.7 Grafik Konsentrasi Awal dan Konsentrasi Akhir TSS Pengujian Pertama (1)
- Gambar 4.8 Grafik Efisiensi Konsentrasi TSS Pengujian Pertama (1)
- Gambar 4.9 Grafik Konsentrasi Awal dan Konsentrasi Akhir TSS Pengujian ke Dua (2)
- Gambar 4.10 Grafik Efisiensi Konsentrasi TSS Pengujian ke Dua (2)
- Gambar 4.11 Grafik Konsentrasi Awal dan Konsentrasi Akhir TSS Pengujian ke Tiga (3)
- Gambar 4.12 Grafik Efisiensi Konsentrasi TSS Pengujian ke Tiga (3)

Gambar 4.13 Grafik Konsentrasi Awal dan Konsentrasi Akhir Pb Pengujian Pertama

(1)

Gambar 4.14 Grafik Efisiensi Konsentrasi Pb Pengujian Pertama (1)

Gambar 4.15 Grafik Konsentrasi Awal dan Konsentrasi Akhir Pb Pengujian ke Dua (2)

Gambar 4.16 Grafik Efisiensi Konsentrasi Pb Pengujian ke Dua (2)

Gambar 4.17 Grafik Konsentrasi Awal dan Konsentrasi Akhir Pb Pengujian ke Tiga

(3)

Gambar 4.18 Grafik Efisiensi Konsentrasi Pb Pengujian ke Tiga (3)

Gambar 4.19 Grafik Persamaan Langmuir COD Pengujian Pertama (1)

Gambar 4.20 Grafik Persamaan Langmuir COD Pengujian ke Dua (2)

Gambar 4.21 Grafik Persamaan Langmuir COD Pengujian ke Tiga (3)

Gambar 4.22 Grafik Persamaan Freundlich COD Pengujian Pertama (1)

Gambar 4.23 Grafik Persamaan Freundlich COD Pengujian ke Dua (2)

Gambar 4.24 Grafik Persamaan Freundlich COD Pengujian ke Tiga (3)

Gambar 4.25 Grafik Persamaan BET COD Pengujian Pertama (1)

Gambar 4.26 Grafik Persamaan BET COD Pengujian ke Dua (2)

Gambar 4.27 Grafik Persamaan BET COD Pengujian ke Tiga (3)

Gambar 4.28 Grafik Persamaan Langmuir Pb Pengujian Pertama (1)

Gambar 4.29 Grafik Persamaan Langmuir Pb Pengujian ke Dua (2)

Gambar 4.30 Grafik Persamaan Langmuir Pb Pengujian ke Tiga (3)

Gambar 4.31 Grafik Persamaan Freundlich Pb Pengujian Pertama (1)

Gambar 4.32 Grafik Persamaan Freundlich Pb Pengujian ke Dua (2)

Gambar 4.33 Grafik Persamaan Freundlich Pb Pengujian ke Tiga (3)

Gambar 4.34 Grafik Persamaan BET Pb Pengujian Pertama (1)

Gambar 4.35 Grafik Persamaan BET Pb Pengujian ke Dua (2)

Gambar 4.36 Grafik Persamaan BET Pb Pengujian ke Tiga (3)



PENURUNAN KONSENTRASI
Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS) dan Timbal (Pb)
PADA LIMBAH LABORATORIUM KIMIA TERPADU
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
MENGGUNAKAN KARBON ARANG AKTIF

Kasam¹, A. Yulianto², M. Selamat³

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, UII, Yogyakarta.

Kontak : dede_rr21@yahoo.co.id

INTISARI

Laboratorium yang ada di Universitas Islam Indonesia merupakan salah satu yang menghasilkan limbah dari kegiatan – kegiatan laboratorium. Universitas Islam Indonesia telah melakukan pengujian untuk mengetahui konsentrasi bahan-bahan kimia yang terkandung di dalam limbah laboratorium. pengujian tersebut dilakukan di Pusat Pelatihan dan Pengembangan Teknologi Maju-BATAN (P3TM-BATAN). Berdasarkan pengujian di Pusat Pelatihan dan Pengembangan Teknologi Maju-BATAN (P3TM-BATAN) limbah cair laboratorium kimia terpadu terdiri dari bahan-bahan organik maupun anorganik. Untuk konsentrasi parameter COD $45,00 \pm 1,124$ mg/L, untuk konsentrasi parameter Pb $<0,180$ µg/mL. Konsentrasi tersebut melebihi persyaratan ambang batas menurut Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air untuk parameter COD kelas II sebesar 25 mg/L dan untuk parameter Pb kelas II sebesar 0,03 mg/L. Pada Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat efisiensi karbon arang aktif sebagai adsorben dalam menurunkan konsentrasi COD, TSS dan Pb.

Karbon arang aktif yang digunakan adalah yang berbentuk granular (butiran). Penelitian menggunakan sistem *batch* dalam pengolahan limbah laboratorium sebagai proses adsorpsi dan dilakukan tiga (3) kali pengujian. Untuk mencapai tujuan dan batasan masalah pada penelitian ini menggunakan variasi karbon aktif 100 gr, 150 gr, 200 gr dan 250 gr dan variasi waktu kontak selama 1 jam, 1.5 jam dan 2 jam. Untuk melihat daya adsorpsi karbon aktif sebagai adsorben, digunakan model perhitungan adsorpsi yaitu model isotherm Langmuir, model Freundlich dan model BET.

Dari penelitian ini dihasilkan penurunan untuk konsentrasi COD terbesar pada pengujian ke dua (2) sebesar 35.86 %, penurunan konsentrasi TSS dengan efisiensi sebesar 47.86 % terjadi pada pengujian pertama (1) dan untuk konsentrasi Pb didapatkan efisiensi sebesar 73.67 % pada pengujian pertama (1). Untuk model isotherm adsorpsi yang dapat digunakan adalah model isotherm Freundlich dan BET.

Kata Kunci: Limbah Laboratorium, Karbon Arang Aktif, COD, TSS dan Pb

**DECREASING OF COD, TSS and Pb CONCENTRATION
IN CHEMICAL LABORATORY WASTE
ISLAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA
USING ACTIVATED CARBON**

Kasam¹, A. Yulianto², M. Selamat³

Environmental Engineering Departement, Planning and Civil Engineering Faculty,
Islamic University Of Indonesia, Yogyakarta.

Contact : dede_rr21@yahoo.co.id

ABSTRACT

The laboratory in Islamic University of Indonesia waste which have been produce is resut from activity on the laboratory. The waste to know the concentration of chemical matter which on the waste. This test was by P3TM – BATAN, waste water from the laboratory contain organic compound and anorganic compound. The concentration of COD as about $45,00 \pm 1,124$ mg/L, and Pb concentration $<0,180$ $\mu\text{m/ml}$. That concentration already the standard from Government rules PP No.82 2001 yearly about water treatment quality and waste water treatment. The standard for COD in class II is 25 mg/L and Pb in class II is 0,03 mg/L. The research to know the efficiency of activated carbon as a adsorben to decrease the concentration of COD, TSS and Pb.

Activated carbon used in here is a granular and use batch process system. The adsorben process use three kinds of variation of activated carbon mass 100 gr, 150 gr, 200 gr and 250 gr, the detention time 1 hours, 1.5 hours and 2 hours. The caculation method being used are isotherm Langmuir, Freundlich and BET method.

The result of test show the most decrease efeciency of COD is in test number 2 , 35.86 %, the most decrease efeciency of TSS is in test number 1, 47.86 %, and the most decrease efeciency of Pb in test one which 73.67 %. The model being used is isotherm model Freundlich and BET.

Key Word : Laboratory Waste, Activated Carbon, COD, TSS and Pb

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Membangun sebuah kesadaran bahwa akan arti pentingnya lingkungan yang sehat dan bersih memang bukan perkara yang gampang, walaupun sudah terlalu banyak kasuistik yang mengakibatkan kerugian pada manusia itu sendiri. Permasalahan lingkungan memang suatu yang kompleks karena banyak yang harus terlibat dan bahkan sudah terlibat, baik dalam pemecahan masalah dan menimbulkan masalah baru. Limbah, merupakan bagian dari permasalahan lingkungan yang harus ditangani dengan serius. Penurunan kualitas lingkungan banyak disebabkan oleh banyaknya pencemar yang hadir, salah satu penurunan kualitas lingkungan adalah pencemaran air. Beberapa bahan jenis pencemar seperti bahan mikrobiologik (virus, parasit dan bakteri), bahan organik, beberapa bahan inorganik dan bahan kimia lainnya sudah banyak kita temukan didalam air yang kita temukan (Mason, 1991).

Limbah atau toksikan di alam ada yang bersifat tunggal dan ada yang bersifat campuran. Keberadaanya di lingkungan (terutama perairan) akan berinteraksi dengan komponen atau faktor lain. Faktor yang mempengaruhi konsentrasi toksikan adalah sifat fisik kimia toksikan tersebut, sifat fisik biologis lingkungan, sumber keluaran dan kecepatan masukan ke lingkungan.

Ada berbagai macam limbah yang sangat membahayakan kehidupan manusia maupun lingkungannya. Baik itu limbah yang berasal dari aktivitas rumah tangga, limbah hasil dari aktivitas industri-industri yang mempunyai skala besar sampai yang kecil sekalipun dan limbah yang dihasilkan dari aktivitas laboratorium baik yang berupa penelitian maupun kegiatan lainnya, semuanya merupakan hasil dari sebuah kegiatan manusia. Semua limbah tersebut memiliki karakteristik yang berbeda, ada yang terdiri dari bahan-bahan organik maupun bahan-bahan anorganik dan memiliki sifat yang *toksik* atau tergolong dalam limbah berbahaya dan beracun.

Laboratorium dalam kegiatan akademik merupakan sarana ataupun media penunjang dalam meningkatkan kualitas mahasiswa dalam kegiatan akademik. Di dalam kegiatan laboratorium penggunaan bahan – bahan kimia merupakan hal yang pokok, bahan-bahan kimia tersebut yang akan menjadi buangan dari dari kegiatan laboratorium. Apabila buangan dari limbah laboratorium tersebut tidak sesuai atau melebihi dari standar yang telah ditetapkan oleh pemerintah, maka akan membahayakan kehidupan manusia dan lingkungan.

Laboratorium yang ada di Universitas Islam Indonesia merupakan salah satu yang menghasilkan limbah dari kegiatan-kegiatan laboratorium. Selama ini pihak Universitas Islam Indonesia Yogyakarta telah melakukan penanganan terhadap limbah tersebut yaitu dengan menampung limbah tersebut. Universitas Islam Indonesia telah melakukan pengujian untuk mengetahui konsentrasi bahan-bahan kimia

yang terkandung di dalam limbah laboratorium, pengujian tersebut dilakukan di Pusat Pelatihan dan Pengembangan Teknologi Maju-BATAN (P3TM-BATAN).

Berdasarkan pengujian di Pusat Pelatihan dan Pengembangan Teknologi Maju-BATAN (P3TM-BATAN) limbah cair laboratorium kimia terpadu terdiri dari bahan-bahan organik maupun anorganik. Untuk konsentrasi parameter COD $45,00 \pm 1,124$ mg/l, untuk konsentrasi parameter Pb $<0,180$ µg/ml. Konsentrasi tersebut melebihi persyaratan ambang batas menurut Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air untuk parameter COD kelas II sebesar 25 mg/l dan untuk parameter Pb kelas II sebesar 0,03 mg/l.

1.2 Rumusan Masalah

Menurut latar belakang masalah yang ada, maka dapat disusun rumusan masalah yaitu seberapa besar kemampuan karbon arang aktif dalam menurunkan konsentrasi COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*) dan Timbal (*Pb*) dalam limbah cair laboratorium kimia terpadu Universitas Islam Indonesia.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui seberapa besar tingkat efisiensi karbon arang aktif sebagai adsorben dalam menurunkan COD

(*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*) dan Timbal (*Pb*) dalam limbah cair laboratorium kimia terpadu Universitas Islam Indonesia.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian di atas, maka mamfaat yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan alternatif pengolahan limbah cair labotarorium.
2. Memberikan sumbangan pemikiran kepada yang berkepentingan mengenai salah satu alternatif penurunan COD, TSS dan Timbal dengan cara adsorpsi, sehingga dapat mencegah terjadinya pencemaran lingkungan.

1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan di atas maka dalam pelaksanaan penelitian ini digunakan batasan masalah sebagai berikut :

1. Limbah yang digunakan adalah limbah cair laboratorium kimia terpadu Universitas Islam Indonesia.
2. Penelitian ini dilakukan dengan proses adsorpsi secara *batch*.
3. Parameter sistem *batch* adalah kosentrasi COD, TSS dan Timbal dengan variasi dosis karbon aktif (100 gr, 150 gr, 200 gr, 250 gr) dan variasi waktu 1 jam, 1,5 jam dan 2 jam dengan menggunakan limbah sebanyak 500 ml.

4. Karbon aktif yang digunakan berbentuk *granular* yang telah siap dipakai.
5. Tidak memperhatikan faktor interaksi dengan parameter lain di dalam limbah cair tersebut.

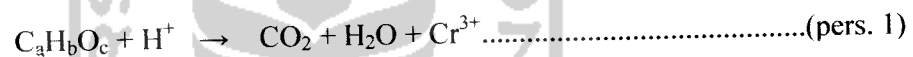


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia baik yang dapat didegradasi secara biologis maupun yang sukar didegradasi. Bahan buangan organik tersebut akan dioksidasi oleh dikromat yang digunakan sebagai sumber oksigen (*oxygen agent*) menjadi gas CO₂ dan H₂O serta sejumlah ion *chrom*. Reaksinya sebagai berikut (Metcalf dan Eddy, 1991):



Chemical Oxygen Demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimiawi yaitu jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada di dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimiawi, atau banyaknya oksigen-oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik menjadi CO₂ dan H₂O. Pada reaksi oksigen ini hampir semua zat yaitu sekitar 85% dapat teroksidasi menjadi CO₂ dan H₂O dalam suasana asam, sedangkan penguraian secara biologi (BOD) tidak sama semua zat organik dapat diuraikan oleh bakteri.

COD ini secara khusus bernilai apabila BOD tidak dapat ditentukan karena terdapat bahan-bahan beracun. Waktu pengukurannya juga lebih singkat dibandingkan pengukuran BOD. Namun demikian bahwa BOD dan COD tidak menentukan hal yang sama dan karena itu

nilai-nilai secara langsung COD tidak dapat dikaitkan dengan BOD. Hasil pengukuran COD tidak dapat membedakan antara zat organik yang stabil dan yang tidak stabil. COD tidak dapat menjadi petunjuk tentang tingkat dimana bahan-bahan secara biologis dapat diseimbangkan. Namun untuk semua tujuan yang praktis COD dapat dengan cepat sekali memberikan perkiraan yang teliti tentang zat-zat arang yang dapat dioksidasi dengan sempurna secara kimia (Mahida, 1984).

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat maupun tidak dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air (Alaerts and Sumestri, 1984).

Perairan dengan nilai COD tinggi tidak diinginkan bagi kepentingan perikanan dan pertanian. Nilai COD pada perairan yang tidak tercemar biasanya kurang dari 20 mg/l, sedangkan pada perairan tercemar dapat lebih dari 200 mg/l dan pada limbah industri dapat mencapai 60.000 mg/l.

Nilai COD merupakan satu bilangan yang dapat menunjukkan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik menjadi CO_2 dan air dengan perantara oksidan kuat dalam suasana asam.

Beberapa bahan organik tertentu yang terdapat pada air limbah “kebal” terhadap degradasi biologis dan ada beberapa diantaranya yang beracun meskipun pada konsentrasinya yang rendah. Bahkan yang tidak dapat didegradasi secara biologis tersebut akan didegradasi secara kimiawi melalui proses oksidasi, jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk

mengoksidasi tersebut dikenal dengan nama COD (*Chemical Oxygen Demand*) (Cheremisionoff, 1978).

COD merupakan salah satu parameter indikator pencemar di dalam air yang disebabkan oleh limbah organik. Keberadaan COD didalam lingkungan sangat ditentukan oleh limbah organik, baik yang berasal dari limbah rumah tangga maupun industri. Secara umum, konsentrasi COD yang tinggi didalam air menunjukkan adanya bahan pencemar organik dalam jumlah yang banyak.

Kadar COD dalam air limbah akan berkurang seiring dengan berkurangnya konsentrasi bahan organik yang terdapat dalam air limbah. Konsentrasi bahan organik yang rendah tidak selalu dapat di reduksi dengan metode pengolahan yang konvensional.

2.2 TSS (*Total Suspended Solid*)

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

Materi yang tersuspensi adalah materi yang mempunyai ukuran lebih besar dari pada molekul/ion yang terlarut. Dalam air alam ditemui dua kelompok zat, yaitu zat terlarut seperti garam dan molekul organis,

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

Air buangan selain mengandung padatan tersuspensi dalam jumlah yang bervariasi, juga sering mengandung bahan-bahan yang bersifat koloid. Padatan terendap dan padatan tersuspensi akan mengurangi penetrasi sinar matahari kedalam air, sehingga dapat mempengaruhi regenerasi oksigen secara *fotosintesis*. Pengukuran langsung TSS sering memakan waktu yang cukup lama. Mengukur kekeruhan (*turbiditas*) air dilakukan untuk dapat memperkirakan TSS dalam suatu contoh air dengan *turbidimeter* yang mengukur kemampuan cahaya untuk melewati suatu sampel air.

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

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

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

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

Zat padat total , terbagi menjadi dua :

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

Zat padat tersuspensi sendiri dapat diklarifikasikan sekali lagi menjadi antara lain zat padat terapung yang selalu bersifat organik dan zat padat terendap yang dapat bersifat organik dan inorganik. Zat padat terendap adalah zat padat dalam suspensi yang dalam keadaan tenang dapat mengendap setelah waktu tertentu karena pengaruh gaya beratnya. Penentuan zat padat terendap ini dapat melalui volumenya, disebut analisa Volum Lumpur (*sludge volume*), dan dapat melalui beratnya disebut analisa lumpur kasar atau umumnya disebut zat padat terendap (*settleable solids*). Dimensi dari zat-zat padat diatas adalah dalam mg/L atau g/l, namun sering pula ditemui : % berat yaitu kg zat padat / kg larutan, atau % volume yaitu dm^3 zat padat/liter larutan.

2.3

Timbal (Pb)

Timbal atau dalam keseharian lebih dikenal dengan nama timah hitam, dalam bahasa ilmiahnya dinamakan *plumbum*, dan logam ini disimbolkan dengan *Pb*. Logam ini termasuk kedalam kelompok logam-logam golongan IV-A pada table periodik unsur kimia. Mempunyai nomor atom (NA) 82 dengan bobot atau berat atom (BA) 207,2.

Logam timbal atau Pb mempunyai sifat-sifat yang khusus seperti berikut :

- 1) Merupakan logam yang lunak, sehingga dapat dipotong dengan menggunakan pisau atau dengan tangan dan dapat dibentuk dengan mudah.
- 2) Merupakan logam yang tahan terhadap peristiwa korosi atau karat, sehingga logam timbal sering digunakan sebagai bahan *coating*.
- 3) Mempunyai titik lebur rendah, hanya 327,5 derajat C.
- 4) Mempunyai kerapatan yang lebih besar dibandingkan dengan logam-logam biasa, kecuali emas dan merkuri.
- 5) Merupakan penghantar listrik yang tidak baik.

Tabel 2.1 Beberapa Sifat Fisik Timbal

Nama	Timbal
Simbol	Pb
Nomor atom	82
Massa atom relative	207.2 g.mol ⁻¹
Konfigurasi elektron	[Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ²
Jari-jari atom	0.154 nm
Jari-jari Ion	0.132 nm (+2) ; 0.084 nm (+4)
Keelektronegatifan	1,8
Energi Ionisasi 1	715.4 kJ.mol ⁻¹
Energi Ionisasi 2	1450.0 kJ.mol ⁻¹
Energi Ionisasi 3	3080.7 kJ.mol ⁻¹
Energi Ionisasi 4	4082.3 kJ.mol ⁻¹
Energi Ionisasi 5	6608 kJ.mol ⁻¹
Kerapatan	11.34 g.cm ⁻³ at 20°C
Titik leleh	327 °C
Titik didih	1755 °C

(Sumber : www.Lenntech.com, 2005).

Timbal (Pb) di Udara

Jumlah Pb di udara mengalami peningkatan yang sangat drastis sejak dimulainya revolusi industri di Benua Eropa. Asap yang berasal dari cerobong pabrik sampai pada knalpot kendaraan telah melepaskan Pb ke udara. Kenyataan ini secara dramatis dibuktikan dengan suatu hasil penelitian terhadap kandungan Pb yang terdapat pada lapisan es di greenland pada tahun 1969.

Emisi Pb ke dalam lapisan atmosfer bumi dapat berbentuk gas dan partikulat – partikulat. Emisi Pb yang masuk dalam bentuk gas, terutama sekali berasal dari buangan gas kendaraan bermotor. Emisi tersebut merupakan hasil samping dari pembakaran yang terjadi dalam mesin–mesin kendaraan. Pb yang merupakan hasil samping dari pembakaran ini berasal dari senyawa tetrametil – Pb dan tetraetil – Pb yang selalu ditambahkan dalam bahan bakar kendaraan bermotor dan berfungsi sebagai anti ketuk (*anti-knock*) pada mesin–mesin kendaraan.

Tabel 2.2 Kandungan Senyawa Pb dalam Gas Buangan Kendaraan Bermotor

Senyawa Pb (%)	0 Jam	18 Jam
PbBrCl	32,0	12,0
PbBrCl.2PbO	31,4	1,6
PbCl ₂	10,7	8,3
Pb(OH)Cl	7,7	7,2
PbBr ₂	5,5	0,5
PbCl ₂ .2PbO	5,2	5,6
Pb(OH)Br	2,2	0,1
PbO _x	2,2	21,2
PbCO ₃	1,2	13,8
PbBr ₂ .2PbO	1,1	0,1
PbCO ₃ .2PbO	1,0	29,6

Sumber (*Heryando Palar, 2004*)

Timbal (Pb) Dalam Air dan Makanan

Pb yang masuk kedalam badan perairan sebagai dampak dari aktivitas kehidupan manusia ada bermacam bentuk. Diantaranya adalah air buangan (limbah) dari industri yang berkaitan dengan Pb, air buangan dari lokasi pertambangan dan sisa air buangan industri. Buangan-buangan tersebut akan jatuh pada jalur-jalur perairan seperti anak-anak sungai untuk kemudian akan dibawa terus menuju lautan. Umumnya jalur buangan dari bahan sisa perindustrian yang menggunakan Pb akan merusak tata lingkungan perairan yang dimasukinya.

Badan perairan yang telah kemasukan senyawa atau ion-ion Pb, sehingga jumlah Pb yang ada dalam badan air melebihi konsentrasi yang semestinya, dapat mengakibatkan kematian biota perairan tersebut. Konsentrasi Pb yang mencapai 188 mg/L, dapat membunuh ikan-ikan. Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan pada tahun 1979 (Murphy P.M, 1979), diketahui bahwa biota-biota perairan seperti *Crustacea* akan mengalami kematian setelah 245 jam, bila pada badan perairan dimana biota itu berada terlarut Pb pada konsentrasi 2,75 – 49 mg/L. Sedangkan biota perairan lainnya, yang dikelompokkan dalam golongan *insecta* akan mengalami kematian dalam rentang waktu yang lebih panjang, yaitu antara 168 sampai dengan 336 jam, bila pada badan perairan tempat hidupnya terlarut 3,5 sampai dengan 64 mg/L Pb.

Dalam air minum juga dapat ditemukan senyawa Pb bila air tersebut disimpan atau dialirkan melalui pipa yang merupakan *alloy* dari logam Pb. Kontaminasi air oleh logam Pb ini pernah melanda daratan

Eropa beberapa tahun yang lalu. Hal ini terjadi disebabkan oleh pipa aliran air minum (pipa PDAM) yang dialirkan kerumah-rumah mengandung logam Pb. Minuman keras *Wiskey* juga ditemukan mengandung logam Pb, karena tutup dari minuman tersebut terbuat dari alloy logam Pb yang menjadi sumber kontaminasi minuman.

Selain kontaminan Pb pada minuman, juga ditemukan kontaminasi Pb pada makanan olahan atau makanan kaleng. Makanan yang telah diasamkan dapat melarutkan Pb dari wadah atau alat-alat pengolahannya. Beberapa studi terbatas juga menemukan Pb pada daun tumbuhan.

2.4 Karbon Aktif (Arang Aktif)

Karbon aktif digunakan pertama kali pada pengolahan air dan air limbah untuk mengurangi material organik, rasa, bau dan warna (Culp, RL dan Culp, GL, 1986). Karbon aktif juga sering digunakan untuk mengurangi kontaminan organik, partikel kimia organik sintesis (SOCs), tapi karbon aktif juga efektif untuk mengurangi kontaminan inorganik seperti radon-222, merkuri, dan logam beracun lainnya (Ronald L, 1997).

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

tergantung dari jumlah senyawa karbonnya yang berkisar antara 85% sampai 95% karbon bebas.

Karbon aktif terdiri dari berbagai mineral yang dibedakan berdasarkan kemampuan adsorpsi (daya serap) dan karakteristiknya. Sumber bahan dan proses yang berbeda akan menghasilkan kualitas karbon aktif yang berbeda. Sumber bahan baku karbon aktif berasal dari kayu, batu bara, tempurung kelapa, lignite.(Ronald, 1997).

Saat ini, arang aktif telah digunakan secara luas dalam industri kimia, makanan/minuman, farmasi. Pada umumnya arang aktif digunakan sebagai bahan penyerap dan penjernih. Dalam jumlah kecil digunakan juga sebagai katalisator.

Tabel 2.3 Manfaat arang aktif untuk zat cair

No	Maksud/Tujuan	Pemakaian
1	Industri obat dan makanan	Menyaring dan menghilangkan warna, bau, rasa yang tidak enak pada makanan
2	Minumam ringan, minuman keras	Menghilangkan warna, bau pada arak/minumam keras dan minumam ringan
3	Kimia perminyakan	Penyulingan bahan mentah, zat perantara
4	Pembersih air	Menyaring/menghilangkan bau, warna, zat pencemar dalam air, sebagai pelindung dan penukaran resin dalam alat/penyulingan air
5	Pembersih air buangan	Mengatur dan membersihkan air buangan dan pencemar, warna, bau, dan logam berat
6	Penambakan udang dan benur	Pemurnian, menghilangkan bau dan warna
7	Pelarut yang digunakan kembali	Penarikan kembali berbagai pelarut, sisa methanol, etil, aseta dan lain-lain

Sumber : <http://www.warintek.net>, 2006

2.4.1 Syarat Mutu Arang Aktif

Menurut Standard Industri Indonesia (SII No. 0258-79)

persyaratan arang aktif adalah sebagai berikut :

Tabel 2.4 Syarat Mutu Arang Aktif

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1	Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C	%	Maksimum 15
2	Air	%	Maksimum 10
3	Abu	%	Maksimum 2,5
4	Bagian yang tidak mengarang	%	Tidak ternyata
5	Daya serap terhadap larutan 12	%	Maksimum 20

Sumber : <http://www.warintek.net>, 2006

Tempurung kelapa merupakan bahan yang baik sekali untuk dibuat arang aktif yang dapat digunakan sebagai bahan penyerap (*adsorbant*). Selain karena kekerasannya juga karena bentuknya yang tidak terlalu tebal sehingga memungkinkan proses penyerapan berlangsung secara merata.

2.4.2 Proses Pembuatan

Pembuatan arang aktif dari tempurung kelapa terdiri dari 2 tahapan, yaitu :

1. Proses pembuatan arang dari tempurung kelapa
2. Proses pembuatan arang aktif dari arang

Rendemen arang aktif dari tempurung kelapa sekitar 25% dan tar 6%.

1. Pembuatan arang dari tempurung kelapa bahan baku:

Kebutuhan tempurung kelapa 1 ton/hari. Tempurung kelapa harus yang sudah tua, kayunya keras, kadar air rendah, sehingga dalam proses pengarangan, pematangannya akan berlangsung baik dan merata. Jika kadar air tinggi berarti kelapa belum cukup tua, proses pengarangan akan berlangsung lebih lama.

2. Proses pembuatan arang aktif dari arang. Proses pembuatan arang aktif dilakukan dengan cara “destilasi kering” yaitu pembakaran tanpa adanya oksigen pada temperatur tinggi. Untuk kegiatan ini dibutuhkan *prototype* tungku aktivasi (alat destilasi) yang merupakan kisi-kisi tempat arang yang diaktifkan dengan kapasitas 250 kg arang. Proses aktivasi dilakukan hanya dengan mengontrol temperatur selama waktu tertentu (<http://www.warintek.net>)

Material karbon diaktifkan melalui beberapa proses antara lain:

1. Menghilangkan kadar air (dehidrasi)
2. Mengubah bahan-bahan organik menjadi karbon dasar ;
menghilangkan bagian – bagian nonkarbon (*carbonization*)
3. Pembakaran arang dan pembesaran pori (aktifasi)

Untuk menghilangkan kadar air material dipanaskan pada suhu 170°C untuk menghilangkan bagian-bagian nonkarbon dalam keadaan hampa udara.

Aktivasi material diikuti oleh penggunaan uap panas atau karbondioksida sebagai pengaktif, karbon dibakar pada suhu 750-950°C guna memperbesar jaringan pori (Cheremisioff, 1978).



Gambar 2.1. Arang Aktif Granular

2.4.3 Karakteristik Karbon Aktif

Ada beberapa karakteristik yang penting didalam pengolahan air limbah diantaranya luas permukaan, kerapatan partikel, densitas unggun (bulk density), ukuran efektif, volume pori, analisa ayakan, kadar abu, angka iodium, kadar air dan distribusi ukuran pori (culp,RL dan Culp,GL,1986).

Tabel 2.5 Karakteristik dari beberapa karbon aktif granular komersil

Karakteristik fisik	ICI American Hydrodargo 3000	Calgon Filtrisorb 300 (8x30)	Westvaco Nuchar WV-L (8x30)	Witco 517 (12x30)
Luas permukaan total, m ² /g	600-650	950-1500	1000	1050
Densitas unggun (bulk density), lb/ft ³	22	26	26	30
Densitas partikel (kondisi basah), g/cm ³	1,4-1,5	1,3-1,4	1,4	0,92
Ukuran efektif, mm	0,8-0,9	0,8-0,9	0,85-1,05	0,89
Koefesien keseragaman	1,7	≤ 1,9	≥ 1,8	1,44
Ukuran ayak (US standar)				
> No. 8	Maks. 8%	Maks. 8 %	Maks. 8%	C
< No. 30	Maks. 5%	Maks. 5%	Maks. 5%	Maks. 5%
Diameter partikel rata-rata, mm	1,6	1,5-1,7	1,5-1,7	1,2
Angka iodium	Min. 650	Min. 900	Min. 950	Min. 1000
Angka abrasi	b	Min. 70	Min. 70	Min. 85
Kadar abu	b	Maks. 8%	Maks. 7,5%	Maks. 0,5
Kadar air	b	Maks. 2%	Maks. 2%	Maks. 1 %

Keterangan :

b : tidak ada data dari pabrik

c : tidak dapat diaplikasikan untuk ukuran karbon ini

Sumber : (Culp, RL dan Culp, GL, 1986)

Ukuran partikel dan luas permukaan merupakan hal yang penting dalam karbon aktif. Ukuran partikel karbon aktif mempengaruhi kecepatan adsorpsi, tetapi tidak mempengaruhi kapasitas adsorpsi yang berhubungan dengan luas permukaan karbon (Cheremisinoff, 1978). Jadi kecepatan adsorpsi yang menggunakan karbon aktif serbuk (*powder*) lebih besar dari pada karbon aktif butiran (*granular*). Luas permukaan total mempengaruhi kapasitas adsorpsi total sehingga meningkatkan efektifitas karbon aktif dalam penyisihan senyawa organik dalam air buangan.

Ukuran partikel tidak terlalu mempengaruhi luas permukaan total sebagian besar meliputi pori-pori partikel karbon. Struktur pori-pori

karbon aktif mempengaruhi perbandingan antara luas permukaan dan ukuran partikel.

Struktur pori adalah faktor utama dalam proses adsorpsi. Distribusi ukuran pori menentukan distribusi molekul yang masuk dalam partikel karbon untuk diadsorp. Molekul yang berukuran besar dapat menutup jalan masuk ke dalam *micropore* sehingga membuat area permukaan yang tersedia untuk mengadsorpsi menjadi sia-sia. Karena bentuk molekul yang tidak beraturan dan pergerakan molekul yang konstan, pada umumnya molekul yang lebih dapat menembus kapiler yang ukurannya lebih kecil juga.

Karena adsorpsi merupakan proses masuknya molekul ke dalam pori-pori, menyebabkan proses adsorpsi karbon bergantung pada karakteristik fisik karbon aktif dan ukuran molekul adsorbat (Cheremisinoff, 1978).

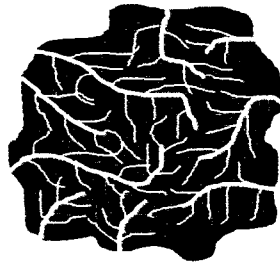
Ada dua macam pori dalam partikel karbon aktif yaitu *micropore* dan *macropore*.

Diameter pori-pori tersebut dapat diklasifikasikan sebagai berikut

:

1. Pori-pori makro dengan diameter $>1000\text{\AA}$
2. Pori-pori mikro dengan diameter $10-1000\text{\AA}$

(Cheremisinoff, 1978).



Gambar 2.2 Permukaan Pori Karbon aktif

Setelah aktivasi karbon, karbon aktif bisa diklasifikasikan menjadi dua jenis yang mempunyai ukuran partikel yang berbeda dengan kapasitas adsorpsi yang berbeda pula, yakni *powder*, jika ukuran diameter karbon aktif lebih kecil dari 200 mesh dan *granular* jika diameter karbon aktif berukuran lebih besar dari 0,1 mm (Metcalf dan Eddy, 1991). Dalam pengolahan air minum atau air limbah karbon aktif bubuk dan karbon aktif *granular* mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing (Suprpto, 1998).

Penggunaan bubuk karbon aktif mempunyai kelebihan sebagai berikut :

1. Sangat ekonomis karena ukuran butir yang kecil dan luas permukaan kontak persatuan berat sangat besar.
2. Kontak menjadi sangat baik dengan mengadakan pengadukan cepat dan merata.
3. Tidak memerlukan tambahan alat lagi karena karbon akan mengendap bersama Lumpur yang terbentuk.
4. Kemungkinan tumbuhnya mikroorganisme sangat kecil.

Adapun kerugiannya adalah :

1. Penanganan karbon aktif, karena berbentuk bubuk yang sangat halus. Kemungkinan mudah terbang terbawa angin, sulit tercampur dengan air dan mudah terbakar.
2. Karena tercampur dengan Lumpur, maka sulit diregenerasi dan biaya operasinya mahal.
3. Kemungkinan terjadi penyumbatan lebih besar, karena karbon aktif bercampur dengan Lumpur.

Kelebihan dari pemakaian karbon aktif *granular* :

1. Pengoperasiannya mudah karena air mengalir dalam media karbon.
2. Proses berjalan cepat karena ukuran butiran karbonnya lebih besar.
3. Karbon aktif tidak bercampur dengan Lumpur sehingga dapat diregenerasi.

Kerugiannya :

1. Perlu tambahan unit pengolahan lagi, yaitu filter.
2. Luas permukaan kontak persatuan berat lebih kecil karena ukuran butiran karbon besar.

2.5 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses yang terjadi pada permukaan suatu zat padat yang berkontak dengan suatu larutan dimana terjadi akumulasi molekul-molekul larutan pada permukaan zat tersebut.

Makin rendah kelarutan suatu zat organik di dalam air, makin mudah diadsorpsi dari larutannya. Hal yang sama, makin kurang polar

suatu senyawa organik makin baik teradsorpsi dari larutan yang bersifat polar ke permukaan yang non polar.

Dalam adsorpsi digunakan istilah adsorban dan adsorbat, dimana adsorbat adalah substansi yang terserap atau substansi yang akan dipisahkan dari pelarutnya, sedangkan adsorban adalah merupakan media penyerap dalam hal ini berupa senyawa karbon.

2.5.1 Mekanisme Adsorpsi

Adsorpsi secara umum adalah proses penggumpalan substansi terlarut (*soluble*) yang ada dalam larutan, oleh permukaan zat atau benda penyerap, dimana terjadi suatu ikatan kimia-fisika antara substansi dengan penyerapannya. Proses perlekatan dapat terjadi antara cairan dan gas, padatan, atau cairan lain.

Adsorpsi fisik terjadi karena adanya ikatan *Van der waals*, dan bila ikatan tarik antar molekul zat terlarut dengan zat penyerapnya lebih besar dari ikatan antara molekul zat terlarut dengan pelarutnya maka zat terlarut akan dapat diadsorpsi (Reynold, 1982). Sedangkan adsorpsi kimia merupakan hasil dari reaksi kimia antara molekul adsorban dimana terjadi pertukaran elektron (Benefield, 1982).

Pada air buangan proses adsorpsi adalah merupakan gabungan antara adsorpsi secara fisika dan kimia yang sulit untuk dibedakan, namun demikian tidak akan mempengaruhi analisa pada proses adsorpsi. Adsorpsi terhadap air buangan mempunyai tahapan proses seperti berikut (Benefield, 1982) :

1. Transfer molekul-molekul adsorbat menuju lapisan film yang mengelilingi adsorban.
2. Difusi adsorbat melalui lapisan film (*film diffusion*).
3. Difusi adsorbat melalui kapiler atau pori-pori dalam adsorban (*process pore diffusion*).
4. Adsorpsi adsorbat pada permukaan adsorban.

2.5.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi Adsorpsi

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

1. Agitasi

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

2. Karakteristik

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

Total kapasitas adsorpsi tergantung pada total luas permukaan dimana ukuran partikel karbon tidak berpengaruh besar pada total luas permukaan karbon.

3. Ukuran molekul Adsorbat

Ukuran molekul merupakan bagian yang penting dalam adsorpsi karena molekul harus memiliki *micropore* dari partikel karbon untuk diadsorpsi. Tingkat adsorpsi biasanya meningkat seiring dengan semakin besarnya ukuran molekul dari adsorbat.

Kebanyakan limbah terdiri bahan-bahan campuran sehingga ukuran molekulnya berbeda-beda. Pada situasi ini akan memperburuk penyaringan molekul karena molekul yang lebih besar akan menutup pori sehingga mencegah jalan masuknya molekul yang lebih kecil.

4. pH

pH mempunyai pengaruh yang sangat besar pada proses adsorpsi, karena pH menentukan tingkat ionisasi larutan. Asam organik dapat diadsorpsi dengan mudah pada pH yang rendah, sebaliknya basa organik dapat diadsorpsi pada pH tinggi. Pada umumnya, adsorpsi bahan organik dari air limbah meningkat seiring dengan menurunnya pH (Culp,RL dan Culp,GL, 1986). Pada pH rendah, jumlah ion H^+ lebih besar, dimana ion H^+ tersebut akan menetralkan permukaan karbon aktif yang bermuatan negatif, sehingga dapat mengurangi halangan untuk terjadinya difusi organik pada pH yang lebih tinggi. Sebaliknya, pada pH yang tinggi, jumlah ion OH^- berlimpah, sehingga menyebabkan proses difusi bahan-bahan organik menjadi

terhalang (Rani Sahu, www.GISdevelopment.net). pH optimum untuk proses adsorpsi harus didapat dari tes laboratorium.

5. Suhu

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

6. Waktu Kontak

Waktu kontak merupakan hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Gaya adsorpsi molekul dari suatu zat yang terlarut akan meningkat apabila waktu kontak dengan karbon aktif makin lama. Waktu kontak yang lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang teradsorpsi berlangsung lebih baik.

2.6 Isotherm Adsorpsi

Data yang dikumpulkan selama pengujian adsorpsi akan menunjukkan kemampuan karbon dan akan memberi informasi yang berharga jika dapat diterangkan dengan baik. Beberapa persamaan matematika telah dikembangkan untuk menguraikan distribusi *equilibrium* keseimbangan antara fase cair dan padat, tujuannya untuk menjelaskan data adsorpsi. Persamaan ini diterapkan ketika tes adsorpsi dilakukan pada suhu yang konstan yang kemudian dikenal sebagai

isotherm adsorpsi. Ada tiga macam persamaan isotherm adsorpsi yang biasa digunakan yaitu isotherm Langmuir, isotherm Freundlich dan Brunaur-Emmett-Teller (BET) (Benefield, 1982).

1. Isotherm Langmuir

$$\frac{x}{m} = \frac{qmbC}{1 + bC} \dots\dots\dots(\text{pers. 2})$$

dimana :

x = jumlah material adsorbat (mg atau g)

m = berat adsorban (mg atau g)

C = kosentrasi larutan setelah proses adsorpsi

a dan b = konstanta

2. Isotherm Freundlich yang merupakan suatu rumus emperis yang mewakili equilibrium adsorpsi untuk kosentrasi zat terlarut tertentu :

$$\frac{x}{m} = KC \frac{1}{n} \dots\dots\dots(\text{pers. 3})$$

dimana :

x = jumlah zat yang terlarut yang teradsorpsi (mg,g)

m = berat adsorpsan

C = kosentrasi larutan (mg/l)

K dan n = konstanta eksperimen

3. Isotherm Brunaur-Emmett-Teller (BET)

$$\frac{x}{m} = \frac{ACxm}{(Cs - C) \left[1 + (A - 1) \frac{C}{Cs} \right]} \dots\dots\dots(\text{pers. 4})$$

dimana :

x = jumlah zat terlarut yang teradsorpsi (mg atau mol)

- m = berat adsorban (mg atau g)
- x_m = jumlah zat terlarut yang teradsorpsi dalam bentuk monolayer yang komplit (mg/g, mol/g)
- C_s = konsentrasi jenuh larutan (mg/l, mol/l)
- C = konsentrasi kesetimbangan larutan (mg/l, mol/l)
- A = konstanta dari energi interaksi antara larutan dan permukaan adsorbent

2.7 Regenerasi Karbon

Peremajaan karbon adalah suatu sistem dimana karbon yang telah jenuh dengan bahan-bahan organik terserap dan tidak dapat lagi dilepas oleh sistem pencucian, akan dilepas dengan memberi uap panas.

Uap panas yang diperlukan untuk melepaskan senyawa-senyawa organik terserap adalah sama dengan besarnya panas yang dibutuhkan untuk menguapkan senyawa organik dalam proses penguapan senyawa organik suatu substansi, yaitu sebesar 1600 sampai 1800°F (Cheremisinoff, 1978).

2.8 Hipotesa

Berdasarkan tinjauan pustaka, karbon aktif dapat mengadsorpsi COD, TSS dan Pb dalam air limbah, sehingga konsentrasi COD, TSS dan Pb dalam air limbah menjadi lebih kecil.

Hipotesa penelitian ini adalah Karbon aktif dapat digunakan sebagai adsorben untuk menurunkan konsentrasi COD, TSS dan Pb dalam limbah cair laboratorium kimia Universitas Islam Indonesia.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

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

3.2 Lokasi Penelitian

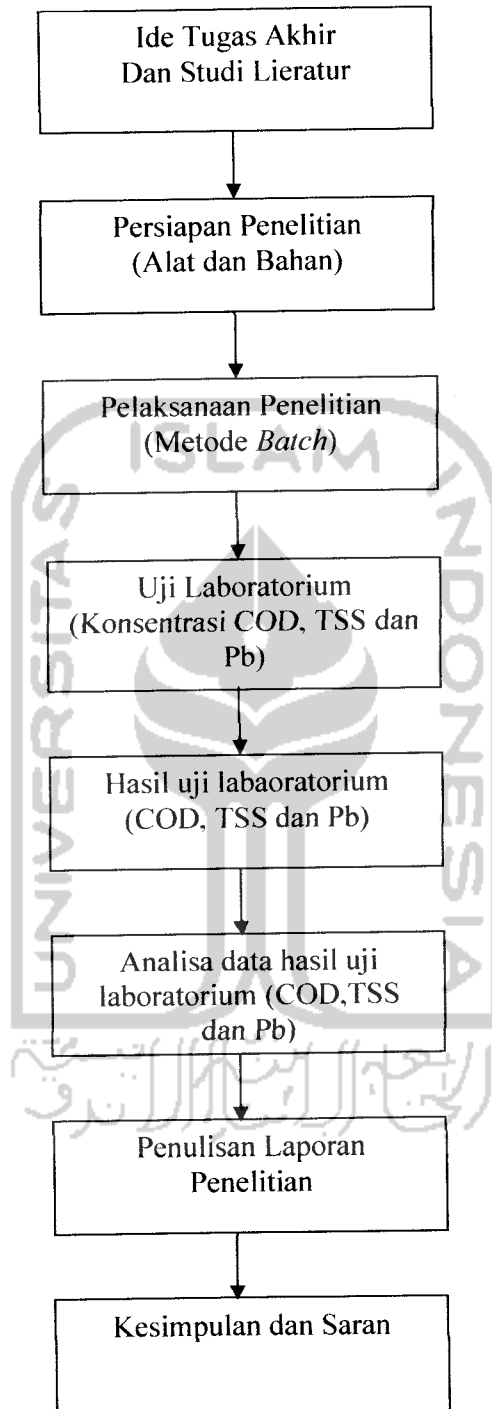
Lokasi penelitian dilaksanakan di Laboratorium Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

3.3 Objek Penelitian

Objek penelitian adalah limbah cair laboratorium terpadu Universitas Islam Indonesia.

3.4 Kerangka Penelitian

Adapun kerangka penelitian untuk tugas akhir ini dapat dilihat pada diagram penelitian, yaitu pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.5 Parameter dan Variabel Penelitian

3.5.1 Parameter Penelitian

Pada penelitian ini ditekankan pada data parameter-parameter mencakup sebagai berikut :

Tabel 3.1 Parameter Penelitian

No	Parameter	Satuan	Metode Uji
1.	COD	mg/L	Spektrofotometri (SNI 06-6989.2-2004)
2.	TSS	mg/L	Gravimetri (SNI 06-6989.3-2004)
3.	Pb	mg/L	AAS (SNI 06-6992.3-2004)

3.5.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Variabel pengaruh yaitu dosis karbon arang aktif dan waktu pengadukan proses *batch*.
2. Variabel terpengaruh yaitu parameter COD, TSS dan Pb dalam air limbah.

3.6 Metode Pelaksanaan Penelitian

Dalam pelaksanaan proses adsorpsi dilakukan dengan cara yaitu secara batch.

3.6.1 Prosedur Pelaksana Penelitian

3.6.1.1 Proses *Batch*

Proses *batch* dilakukan dengan dua macam variasi yaitu dosis karbon arang aktif dan waktu pengadukan, dengan rincian masing-masing :

- Variasi dosis karbon aktif : 100 gr, 150 gr, 200 gr dan 250 gr.
- Variasi waktu pengadukan 1 jam, 1,5 jam dan 2 jam.

Pada proses *batch* ini menggunakan *jar test* yang dilakukan dengan cara :

- Lakukan pemeriksaan air sampel terlebih dahulu untuk parameter COD, TSS dan Pb.
- Siapkan 4 buah gelas beker ukuran 1 liter masing-masing diisi 500 ml sampel air dengan kadar pH standar.
- Kemudian diletakkan pada *jar test*.
- Tambahkan karbon aktif dengan dosis masing – masing 100 gr, 150 gr, 200 gr dan 250 gr.
- Kocok dengan kecepatan 120 RPM selama 1 jam.
- Analisa hasil percobaan
- Ulangi dengan cara yang sama dengan variasi waktu pengadukan selanjutnya.

3.6.2 Pemeriksaan Hasil Penelitian

Seperti yang telah dijelaskan pada bagan pelaksanaan penelitian, sampel-sampel yang telah melalui proses *batch* akan dianalisa dilaboratorium Kualitas Air Universitas Islam Indonesia menggunakan metode Spektrofotometri (COD), Gravimetri (TSS) dan AAS (Pb).

3.7 Analisa Data

Analisa data untuk penentuan kualitas air dengan membandingkan antara konsentrasi COD, TSS dan Pb pada limbah awal dengan konsentrasi COD, TSS dan Pb setelah melalui proses *batch* dengan menggunakan persamaan *overall efficiency* yaitu :

$$\eta = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100\%$$

dimana :

η = Overall Efficiency (%)

C_o = Konsentrasi Awal (mg/l)

C_e = Konsentrasi Akhir (mg/l)

Pada penelitian ini digunakan model *Ishoterm Langmuir*, *freundlich* dan *BET* karena persamaan ini sudah digunakan secara luas (Masschelein, 1992) dan lebih memberikan hasil yang memuaskan (Wesley, 1989).

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian Konsentrasi COD, TSS dan Pb

**4.1.1 Hasil Pengujian Awal Konsentrasi COD, TSS dan Pb
Sebelum Proses Adsorpsi**

Hasil awal pegujian konsentrasi COD, TSS dan Pb dalam limbah laboratorium kimia terpadu Universitas Islam Indonesia dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil pengujian awal konsentrasi COD, TSS dan Pb sebelum proses adsorpsi

Parameter	Pengujian	Konsentrasi (mg/l)
COD	Pertama	157,001
	Ke dua	73,065
	Ke tiga	73,319
TSS	Pertama	350
	Ke dua	286
	Ke tiga	220
Pb	Pertama	0,0489
	Ke dua	0,0402
	Ke tiga	0,0447

4.1.2 Hasil Pengujian Pengaruh Waktu Pengadukan dan Berat Karbon Aktif Terhadap Efesiensi Penurunan Konsentrasi COD Untuk Pengujian Pertama (1), Ke dua (2) dan Ke tiga (3)

Pada percobaan ini dilakukan pada kondisi :

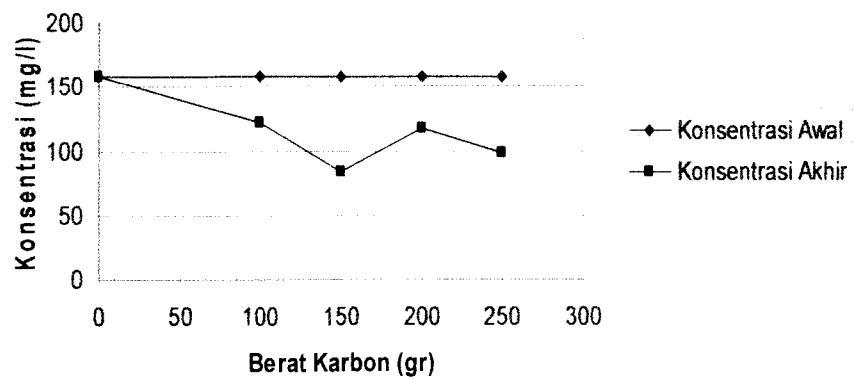
- pH : 7
- Volume limbah : 500 ml
- Berat karbon aktif : 100, 150, 200 dan 250 gr
- Kecepatan pengadukan : 120 RPM
- Waktu pengadukan :
 - Pengujian 1 : 1 jam
 - Pengujian 2 : 1.5 jam
 - Pengujian 3 : 2 jam

Untuk mengetahui pengaruh variasi waktu pengadukan dan berat karbon aktif terhadap penurunan konsentrasi COD untuk pengujian pertama (1), pengujian ke dua (2) dan pengujian ke tiga (3) dapat dilihat pada Tabel 4.2, 4.3, 4.4 dan Gambar 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6.

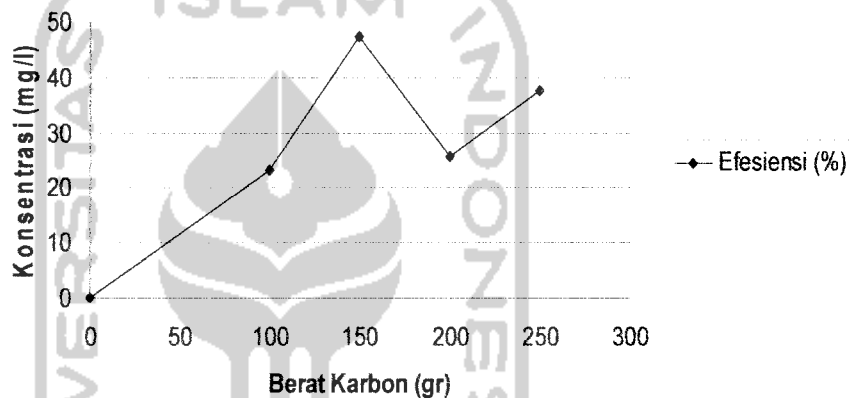
Tabel 4.2 Hasil pengujian pengaruh waktu pengadukan dan berat karbon aktif terhadap penurunan konsentrasi COD pengujian ke 1

Berat Karbon Aktif (gr)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Efesiensi (%)
0	157.001	157.001	0
100	157.001	120.629	23.167
150	157.001	82.985	47.144
200	157.001	116.559	25.759
250	157.001	97.992	37.585

Dari Tabel 4.2 tersebut dapat dibuat grafik hubungan antara berat karbon (sumbu x) dengan efesiensi removal COD (sumbu y).



Gambar 4.1 Grafik konsentrasi awal dan konsentrasi akhir COD

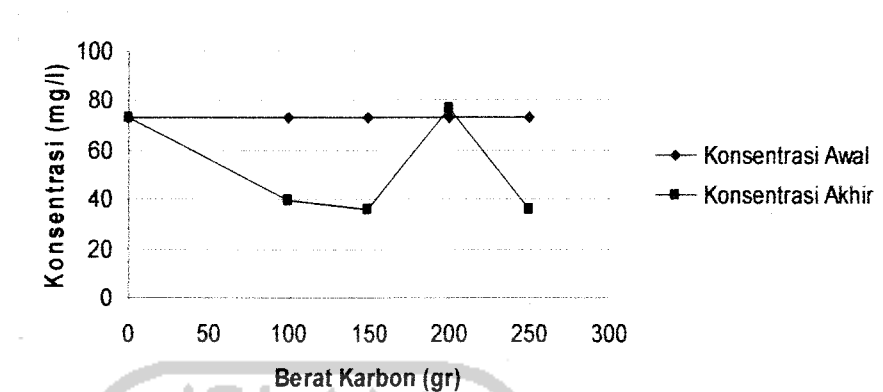


Gambar 4.2 Grafik efesiensi konsentrasi COD

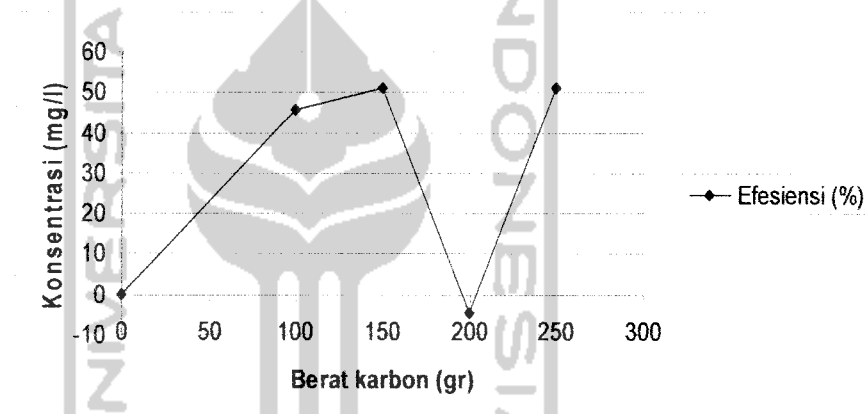
Tabel 4.3 Hasil pengujian pengaruh waktu pengadukan dan berat karbon aktif terhadap penurunan konsentrasi COD pengujian ke 2

Berat Karbon Aktif (gr)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Efesiensi (%)
0	73.065	73.065	0
100	73.065	39.746	45.601
150	73.065	35.676	51.172
200	73.065	76.372	-4.526
250	73.065	35.676	51.172

Dari Tabel 4.3 tersebut dapat dibuat grafik hubungan antara berat karbon aktif (sumbu x) dengan efisiensi removal COD (sumbu y).



Gambar 4.3 Grafik konsentrasi awal dan konsentrasi akhir COD

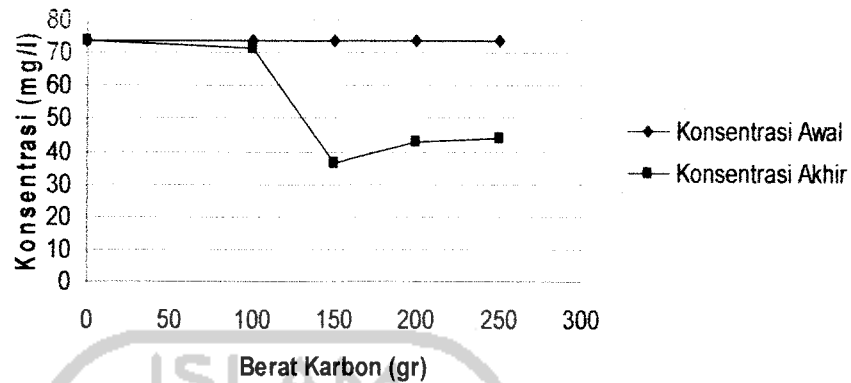


Gambar 4.4 Grafik efisiensi konsentrasi COD

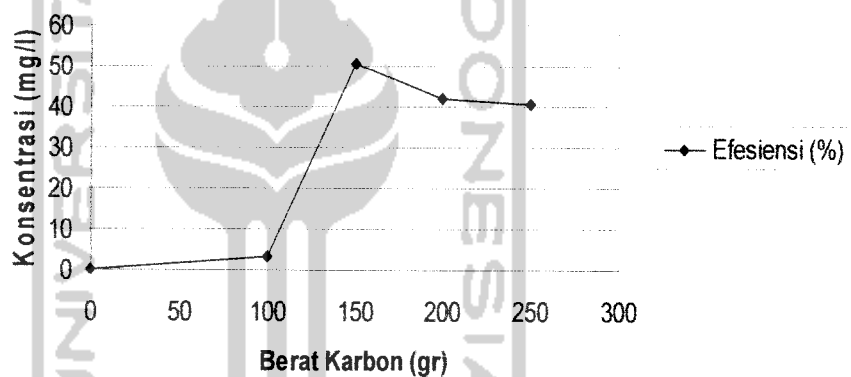
Tabel 4.4 Hasil pengujian variasi waktu pengadukan dan berat karbon aktif terhadap penurunan konsentrasi COD pengujian ke 3

Berat Karbon Aktif (gr)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Efisiensi (%)
0	73.319	73.319	0
100	73.319	71.031	3.121
150	73.319	36.184	50.649
200	73.319	42.543	41.975
250	73.319	43.561	40.587

Dari Tabel 4.4 tersebut dapat dibuat grafik hubungan antara berat karbon aktif (sumbu x) dengan efisiensi removal COD (sumbu y).



Gambar 4.5 Grafik konsentrasi awal dan konsentrasi akhir COD



Gambar 4.6 Grafik efisiensi konsentrasi COD

Dari hasil pengujian yang dilakukan dalam percobaan pertama (1), ke dua (2) dan percobaan ke tiga (3) untuk parameter COD pada limbah cair laboratorium kimia terpadu Universitas Islam Indonesia, menunjukkan terjadinya penurunan dan peningkatan konsentrasi COD. Dari tabel 4.2 untuk percobaan pertama (1) didapatkan hasil akhir efisiensi konsentrasi COD sebesar 33,41 %, untuk percobaan ke dua (2)

dilihat dari tabel 4.3 didapatkan hasil akhir efisiensi konsentrasi COD sebesar 35,86 % dan untuk percobaan ke tiga (3) dilihat dari tabel 4.4 didapatkan hasil akhir efisiensi konsentrasi COD sebesar 34,08 %.

Dapat dilihat dari hasil pengujian menunjukkan bahwa karbon aktif dapat menurunkan konsentrasi COD dalam limbah cair laboratorium. Untuk dapat meminimal konsentrasi COD tersebut parameter yang berpengaruh pada proses adsorpsi yaitu berat karbon aktif (dosis) yang digunakan dan waktu pengadukan untuk proses adsorpsi secara *batch*. Pada penelitian ini variasi dosis karbon aktif yang digunakan adalah 100 gr, 150 gr, 200 gr dan 250 gr, sedangkan untuk variasi waktu pengadukannya 1 jam, 1.5 jam dan 2 jam.

Pada penelitian ini dilakukan tiga (3) kali pengujian, yang membedakan setiap pengujian adalah variasi waktu pengadukan untuk pengujian pertama (1) waktu yang digunakan selama 1 jam, pengujian ke dua (2) selama 1.5 jam dan pengujian ke tiga waktu yang digunakan selama 2 jam.

Untuk hasil pengujian pertama (1) dapat kita lihat pada tabel 4.2 dan pada gambar 4.1 dan 4.2. Untuk berat karbon aktif 100 gr didapatkan efisiensi 23.167 %, berat karbon aktif 150 gr didapatkan efisiensi 47.144 %, berat karbon aktif 200 gr didapatkan efisiensi 25.759 % dan pada berat karbon aktif 250 gr didapatkan efisiensi sebesar 37.585 %. Sehingga didapatkan efisiensi konsentrasi akhir untuk COD pada pengujian pertama yaitu sebesar 33.41 %.

Untuk hasil COD pengujian ke dua (2) dapat kita lihat pada tabel 4.3 dan pada gambar 4.3 dan 4.4. Didapatkan hasil untuk berat karbon aktif 100 gr yaitu efisiensi sebesar 45.061 %, untuk berat karbon aktif 150 gr terjadi efisiensi konsentrasi sebesar 51.172 %, untuk berat karbon aktif 200 gr terjadi peningkatan konsentrasi COD yaitu -4.526 % dan untuk berat karbon aktif 250 gr didapatkan efisiensi COD sebesar 51.172 %. Konsentrasi akhir COD pada pengujian ke dua (2) didapatkan hasil sebesar 35.855 %.

Pada pengujian ke tiga (3) untuk konsentrasi COD dapat kita lihat pada tabel 4.4 dan gambar 4.5 dan 4.6. Untuk berat karbon aktif 100 gr didapatkan efisiensi sebesar 3.121 %, berat karbon aktif 150 gr didapatkan efisiensi sebesar 50.649 %, untuk berat karbon aktif 200 gr didapatkan efisiensi sebesar 41.543 % dan untuk berat karbon aktif sebesar 250 gr didapatkan efisiensi sebesar 40.561 %. Sehingga hasil akhir konsentrasi COD pada pengujian ke tiga didapatkan efisiensi sebesar 34.083 %.

Pada tinjauan pustaka sudah dijelaskan bahwa banyak faktor yang mempengaruhi dalam proses adsorpsi. Pada penelitian ini untuk pengujian konsentrasi COD baik pengujian pertama (1), ke dua (2) dan pengujian ke tiga (3), didapatkan adanya penurunan efisiensi, dan ini semua terjadi pada variasi berat karbon aktif 200 gr dan 250 gr. Dilihat dari pH yang digunakan untuk penelitian ini adalah pH 7 (netral), umumnya beberapa senyawa organik semakin baik diadsorpsi apabila pH semakin rendah. Ini bisa terjadi akibat adanya netralisasi muatan negatif

karbon oleh ion-ion iodrogen yang menyebabkan permukaan karbon lebih baik untuk mengadsorpsi. Senyawa asam organik lebih dapat diadsorpsi pada pH rendah sebaliknya basa organik lebih dapat diadsorpsi pada pH tinggi.

Waktu kontak yang digunakan dalam penelitian ini sebagai proses adsorpsi dengan variasi 1 jam, 1.5 jam dan 2 jam. Waktu kontak merupakan hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi, daya serap molekul dari adsorbat akan meningkat apabila waktu kontak dengan karbon makin lama, ini memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik (Reynold, 1982). Efisiensi yang efektif dari penelitian ini terjadi pada pengujian ke dua (2), yaitu dengan waktu kontak selama 1.5 jam. Untuk pengujian ke tiga (3), waktu kontak yang digunakan selama 2 jam, tidak menunjukkan efisiensi yang lebih baik. Untuk hal ini bisa disebabkan oleh faktor kejenuhan dari karbon aktif sebagai adsorben, karena adsorben dalam menyerap (adsorpsi) mempunyai waktu yang efektif dalam melakukan adsorpsi.

Karbon aktif yang digunakan dalam penelitian karbon aktif yang berbentuk granular. Ukuran partikel karbon mempengaruhi kecepatan adsorpsi, semakin kecil partikel maka semakin besar kecepatan adsorpsinya. Karbon aktif yang telah diaktifkan adalah yang pori-porinya terbuka dan mempunyai luas permukaan $500-1400 \text{ cm}^2/\text{gr}$.

Hasil buangan limbah laboratorium kimia terpadu Universitas Islam Indonesia, memiliki berbagai jenis unsur kimia, baik yang organik

dan non organik. Adanya fenomena penurunan efisiensi COD yang terjadi pada hasil penelitian ini, dimungkinkan karena terdapatnya unsur-unsur partikel koloid yang menghambat proses adsorpsi, dan dimungkinkan adanya unsur *chlorida* yang terdapat dalam buangan organik, sehingga mengganggu katalisator perak sulfat / AgSO_4 dimana AgSO_4 berguna untuk mempercepat proses pemanasan. Dan dapat juga disebabkan oleh karbon aktif sebagai adsorben akan terlebih dahulu menyerap senyawa logam yang terdapat dalam limbah tersebut, karena proses adsorpsi fisik yang terjadi. Sehingga dalam mengadsorpsi konsentrasi COD terjadi penurunan kemampuan karbon aktif, karena pori-pori karbon aktif telah mengadsorpsi senyawa logam tersebut.

Pada prinsipnya penurunan COD dipengaruhi oleh proses dari sifat adsorpsi, yaitu dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorban akibat kimia dan fisika (Reynold, 1982). Proses adsorpsi dapat terjadi akibat tumbukan antara partikel-partikel dengan karbon aktif, yang merupakan hasil daya tarik menarik elektrostatis antara partikel-partikel yang bermuatan listrik berlawanan (Razif, 1985). Homogenitas sampel yang akan di uji pada *spektrofotometer* dan pengawetan sampel merupakan hal yang berpengaruh terhadap hasil pengujian yang telah dilakukan.

Bilamana adsorban dibiarkan berkontak dengan suatu larutan, jumlah zat terlarut yang diadsorpsi pada permukaan adsorban akan meningkat sehingga konsentrasi zat terlarut akan menurun setelah beberapa saat. Kesetimbangan adsorpsi akan tercapai bilamana jumlah

molekul yang meninggalkan permukaan adsorban sama dengan jumlah molekul yang diadsorpsi pada permukaan adsorban. Sifat-sifat reaksi yang dapat dilihat dengan mengaitkan kapasitas adsorpsi (massa zat terlarut yang dapat diadsorpsi per satuan massa adsorban) pada konsentrasi kesetimbangan zat terlarut yang tertinggal dalam larutan (T.H.Y. Tebutt, 1960).

Berdasarkan Keputusan Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta No:214/KPTS/1991 Tentang Baku Mutu Lingkungan Daerah untuk Wilayah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Bagi Baku Mutu Limbah Cair untuk Golongan II, yaitu sebesar 100 mg/L, dengan konsentrasi COD awal sebesar 157.001 mg/L untuk pengujian pertama (1) didapatkan hasil maksimal pada variasi berat karbon 150 gr dengan konsentrasi akhir 82.985 mg/L, dan pada berat karbon aktif 250 gr dihasilkan konsentrasi akhir sebesar 97.992 mg/L. Untuk pengujian ke dua dan pengujian ke tiga (3) konsentrasi COD awal sudah dapat dikatakan sesuai dengan standar baku mutu daerah Istimewa Yogyakarta, yaitu sebesar 73.065 mg/L (pengujian pertama) dan 73.319 mg/L (pengujian ke tiga).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No:82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air Kelas II, yaitu sebesar 25 mg/L. Hasil dari pengujian konsentrasi COD untuk semua pengujian (1, 2 dan 3), dapat dikatakan masih berada diatas baku mutu yang telah ditetapkan.



4.1.3 Hasil Pengujian Pengaruh Waktu Pengadukan dan Berat Karbon Terhadap Efisiensi Penurunan Konsentrasi TSS Untuk Pengujian Pertama (1), Ke dua (2) dan Ke tiga (3)

Pada percobaan ini dilakukan pada kondisi :

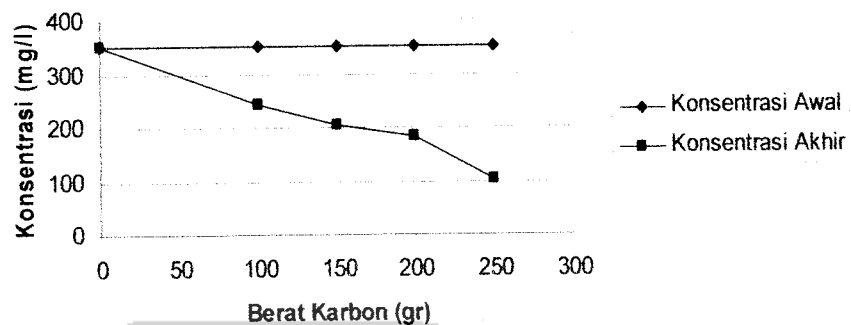
- pH : 7
- Volume limbah : 500 ml
- Berat karbon aktif : 100, 150, 200 dan 250 gr
- Kecepatan pengadukan : 120 RPM
- Waktu pengadukan :
 - Pengujian 1 : 1 jam
 - Pengujian 2 : 1.5 jam
 - Pengujian 3 : 2 jam

Untuk mengetahui pengaruh variasi waktu pengadukan dan berat karbon aktif terhadap penurunan konsentrasi TSS untuk pengujian pertama (1), pengujian ke dua (2) dan pengujian ke tiga (3) dapat dilihat pada Tabel 4.5, 4.6, 4.7 dan Gambar 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12.

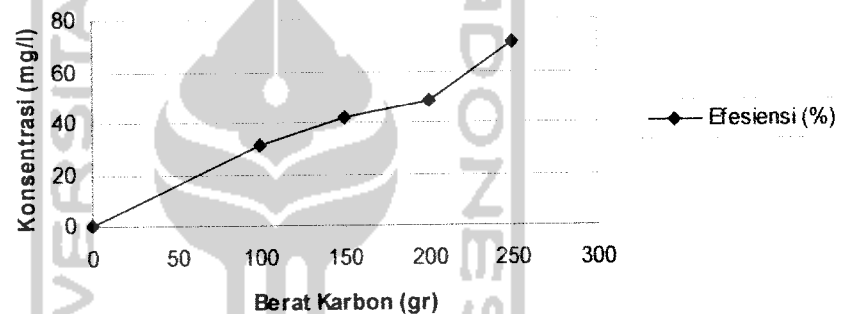
Tabel 4.5 Hasil pengujian pengaruh waktu pengadukan dan berat karbon aktif terhadap penurunan konsentrasi TSS pengujian !

Berat karbon Aktif (gr)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Efisiensi (%)
0	350	350	0
100	350	242	30.86
150	350	204	41.71
200	350	182	48
250	350	102	70.86

Dari Tabel 4.5 tersebut dapat dibuat grafik hubungan antara berat karbon (sumbu x) dengan efisiensi removal TSS (sumbu y).



Gambar 4.7 Grafik konsentrasi awal dan konsentrasi akhir TSS

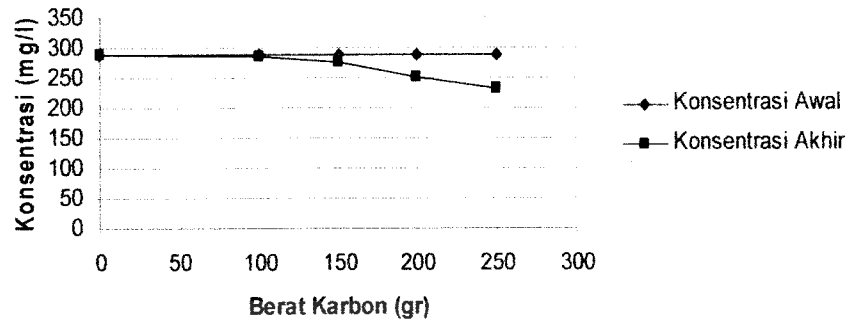


Gambar 4.8 Grafik efisiensi konsentrasi TSS

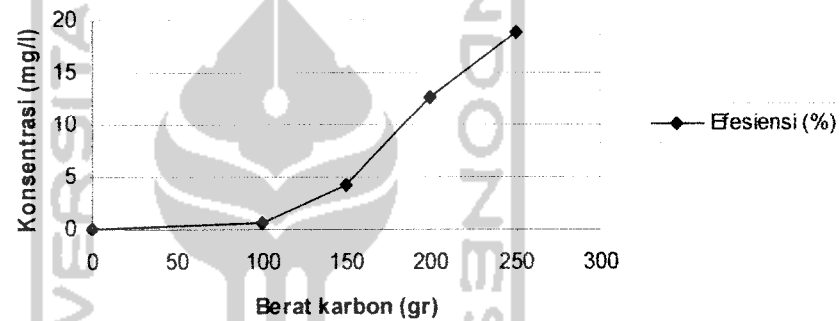
Tabel 4.6 Hasil pengujian pengaruh waktu pengadukan dan berat karbon aktif terhadap penurunan konsentrasi TSS pengujian ke 2

Berat Karbon Aktif (gr)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Efisiensi (%)
0	286	286	0
100	286	284	0.7
150	286	274	4.2
200	286	250	12.59
250	286	232	18.88

Dari Tabel 4.6 tersebut dapat dibuat grafik hubungan antara berat karbon aktif (sumbu x) dengan efisiensi removal TSS (sumbu y).



Gambar 4.9 Grafik konsentrasi awal dan konsentrasi akhir TSS

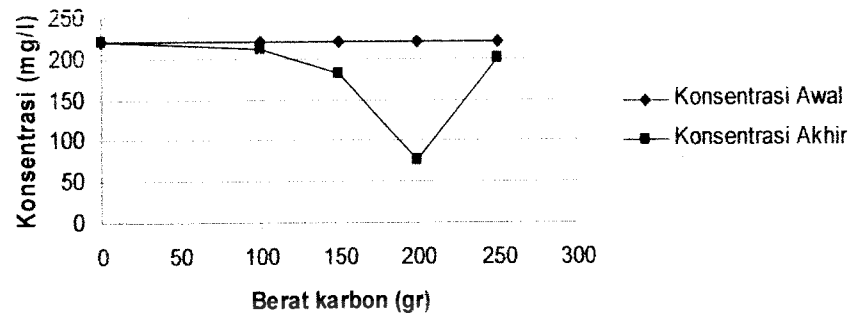


Gambar 4.10 Grafik efisiensi konsentrasi TSS

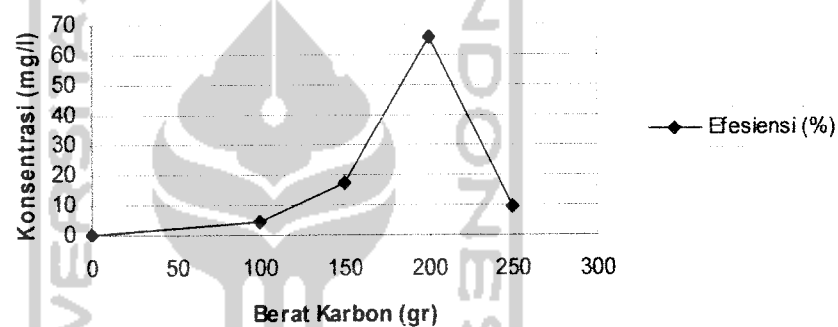
Tabel 4.7 Hasil pengujian variasi waktu pengadukan dan berat karbon aktif terhadap penurunan konsentrasi TSS pengujian ke 3

Berat Karbon (gr)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Efisiensi (%)
0	220	220	0
100	220	210	4.55
150	220	182	17.27
200	220	76	65.45
250	220	200	9.09

Dari Tabel 4.7 tersebut dapat dibuat grafik hubungan antara berat karbon aktif (sumbu x) dengan efisiensi removal TSS (sumbu y).



Gambar 4.11 Grafik konsentrasi awal dan konsentrasi akhir TSS



Gambar 4.12 Grafik efisiensi konsentrasi TSS

Total Suspended Solid (TSS) adalah banyaknya suatu zat yang terlarut dalam suatu larutan yang ukuran partikelnya sangat kecil. Atau sesuatu yang tinggal sebagai residu apabila diuapkan pada suhu 103-105⁰C. Padatan dapat dihilangkan secara sedimentasi, zat padat terlarut terdiri dai molekul-molekul dan ion-ion zat organik dan anorganik. Dalam air ditemukan dua kelompok zat yaitu zat padat terlarut seperti garam, dan moleku organis, dan zat padat tersuspensi atau koloidal seperti tanah iat kwarts dan lain-lain. Perbedaan pokok antara kedua

kelompok zat ini ditentukan melalui ukuran/diameter partikel-partikel tersebut.(Alaerts, 1984).

Zat padat tersuspensi apabila dalam sampel dipisahkan dengan menggunakan filter kertas atau filter fiber glass (serabut kaca), dan kemudian zat padat yang tertahan pada filter dikeringkan pada suhu $\pm 105^{\circ}\text{C}$.(Alaerts, 1984). Zat-zat padat yang berada dalam kelompok suspensi dibedakan menurut ukurannya yaitu partikel tersuspensi koloidal (partikel koloid) dan partikel tersuspensi biasa (partikel terendap).

Hasil dari pengujian TSS pada penelitian ini dapat kita pada tabel 4.5 dan gambar 4.7 dan 4.8 untuk hasil pengujian pertama (1), pada pengujian ini efisiensi penurunan konsentrasi TSS sebesar 47.856 %. Untuk hasil pengujian ke dua (2) dilihat dari tabel 4.6 dan gambar 4.9 dan 4.10, didapatkan efisiensi penurunan konsentrasi TSS sebesar 9.093 %, dan untuk hasil pengujian konsentrasi TSS pada pengujian ke tiga (3) dilihat dari tabel 4.7 dan gambar 4.11 dan 4.12, didapatkan efisiensi penurunan konsentrasi TSS sebesar 24.09 %. Untuk setiap pengujian konsentrasi TSS menggunakan variasi karbon aktif yang sama dengan pengujian konsentrasi COD yaitu 100 gr, 150 gr, 200 gr dan 250 gr, dan menggunakan waktu pengadukan (waktu kontak) yang sama yaitu, 1 jam untuk pengujian pertama (1), 1.5 jam untuk pengujian ke dua (2) dan 2 jam untuk pengujian ke tiga (3).

Pada pengujian pertama (1) konsentrasi awal TSS yaitu sebesar 350 mg/L, dan setelah dilakukan pengujian proses adsorpsi terjadi

penurunan konsentrasi yang terbesar yaitu pada variasi berat karbon 250 gr, sama dengan pengujian pertama (1) untuk pengujian konsentrasi TSS yang ke dua (2) terjadi penurunan konsentrasi yang terbesar juga pada variasi berat karbon 250 gr, dan untuk penurunan konsentrasi yang terbesar TSS pada pengujian ke tiga (3) terjadi pada variasi berat karbon 200 gr.

Pada pengujian pertama (1) dengan menggunakan waktu kontak selama 1 jam, menunjukkan terjadinya penurunan konsentrasi TSS dengan semakin bertambahnya berat karbon aktif, sama halnya dengan pengujian pertama (1) untuk pengujian ke dua (2), menunjukkan terjadinya penurunan konsentrasi TSS dengan semakin bertambahnya berat karbon aktif, hal ini berbeda dengan hasil dari pengujian ke tiga (3), karena untuk berat karbon aktif 250 gr terjadinya penurunan efisiensi konsentrasi TSS. Terjadinya penurunan konsentrasi TSS pada pengujian ke tiga (3) untuk berat karbon aktif 250 gr ini, sama dengan yang terjadi pada pengujian konsentrasi COD adanya penurunan efisiensi konsentrasi. Ini menjadi catatan pada penelitian, karena pada penelitian-penelitian sebelumnya tidak terjadi fenomena seperti ini, tetapi terjadi penurunan konsentrasi pada variasi waktu kontak karbon aktif (adsorban) dengan adsorbat.

Partikel padatan tersuspensi mempunyai diameter partikel $>1\mu\text{m}$, semakin kecil ukuran porositas adsorban maka akan semakin efektif dalam menyerap atau menahan adsorbat (padatan tersuspensi). Proses adsorpsi selain dipengaruhi oleh karakteristik adsorban juga dipengaruhi

oleh karakteristik adsorbat, setiap molekul dari adsorbat mempunyai diameter butir efektif yang tergantung pada strukturnya. Molekul adsorbat hanya dapat diadsorpsi bilamana ada pori-pori adsorben yang cukup besar untuk dimasukinya (Culp, 1971).

Jumlah zat terlarut yang diadsorpsi pada permukaan adsorban akan meningkat sehingga konsentrasi zat terlarut akan menurun setelah beberapa saat (T.H.Y.Tebbutt, 1960). Variasi waktu juga berpengaruh pada daya adsorpsi molekul dari suatu adsorbat, akan meningkat apabila waktu kontak dengan adsorban makin lama. Makin lama waktu kontak akan memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik sehingga menyebabkan penurunan terhadap konsentrasi adsorbat. Cheremissinof (1979) yang mengatakan bahwa waktu kontak merupakan hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi.

Untuk penelitian pengujian konsentrasi TSS ini cukup bertentangan dari penjelasan teori yang ada, tetapi ada beberapa penelitian yang telah dilakukan menunjukkan fenomena yang sama dengan hasil dari penelitian ini, yaitu efisiensi yang terbesar terjadi pada pengujian efisiensi konsentrasi TSS dengan waktu kontak 1 jam sebesar 47.856 %, sedangkan untuk waktu kontak 1.5 jam dan 2 jam terjadi penurunan efisiensi konsentrasi yaitu sebesar 9.093 % (1.5 jam) dan 24.09 % (2 jam).

Berdasarkan Keputusan Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta No: 214/KPTS/1991 Tentang Baku Mutu Lingkungan

Daerah Untuk Wilayah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Bagi Baku Mutu Limbah Cair untuk Golongan II, yaitu 200 mg/L, untuk hasil pengujian pertama (1) yang dikatakan layak yaitu untuk variasi berat karbon 200 gr dengan konsentrasi sebesar 182 mg/L dan untuk variasi karbon aktif 250 gr dengan konsentrasi sebesar 102 mg/L. Untuk hasil dari pengujian ke dua (2) penurunan konsentrasi TSS masih diatas standar baku mutu yang ditetapkan oleh Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta, hasil pengujian ke tiga (3) penurunan konsentrasi TSS yang sesuai dengan baku mutu yaitu pada variasi berat karbon 150 gr sebesar 182 gr dan pada berat karbon aktif 250 gr sebesar 76 mg/L.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air Kelas II, yaitu sebesar 50 mg/L, bahwa hasil dari pengujian konsentrasi TSS ini masih diatas baku mutu yang telah ditetapkan.

4.1.4 Hasil Pengujian Pengaruh Waktu Pengadukan dan Berat Karbon Aktif Terhadap Efisiensi Penurunan Konsentrasi Pb Untuk Pengujian Pertama (1), Pengujian Ke dua (2) dan Pengujian Ke tiga (3)

Pada percobaan ini dilakukan pada kondisi :

- pH : 7
- Volume limbah : 500 ml
- Berat karbon aktif : 100, 150, 200 dan 250 gr
- Kecepatan pengadukan : 120 RPM

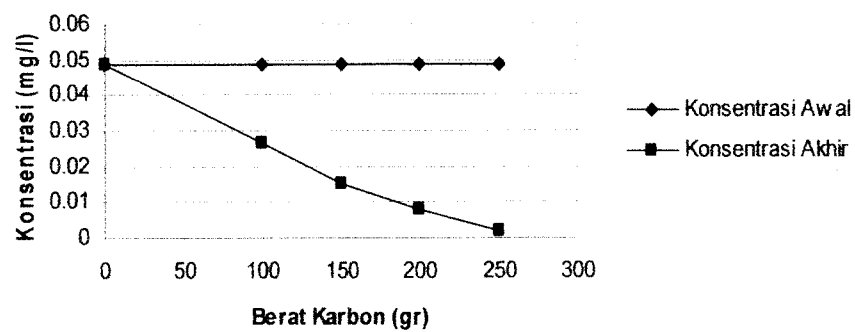
- Waktu pengadukan :
- Pengujian 1 : 1 jam
- Pengujian 2 : 1.5 jam
- Pengujian : 2 jam

Untuk mengetahui pengaruh variasi waktu pengadukan dan berat karbon aktif terhadap penurunan konsentrasi COD, TSS dan Pb untuk pengujian ke tiga (3) dapat dilihat pada Tabel 4.8, 4.9, 4.10 dan Gambar 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18.

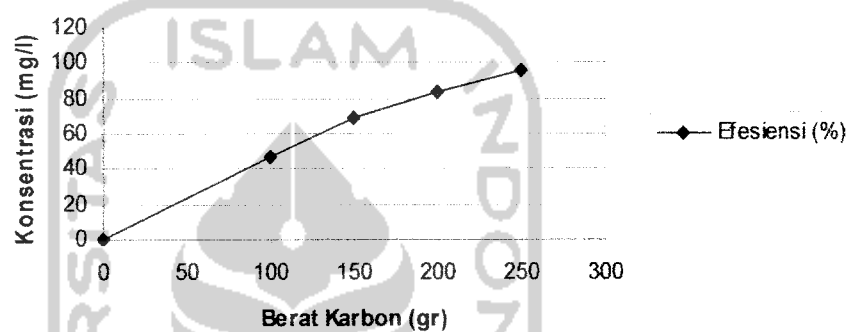
Tabel 4.8 Hasil pengujian pengaruh waktu pengadukan dan berat karbon aktif terhadap penurunan konsentrasi Pb pengujian ke 1

Berat karbon Aktif (gr)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Efisiensi (%)
0	0.0489	0.0489	0
100	0.0489	0.0264	46.01
150	0.0489	0.0153	68.72
200	0.0489	0.0079	83.84
250	0.0489	0.0019	96.11

Dari Tabel 4.8 tersebut dapat dibuat grafik hubungan antara berat karbon (sumbu x) dengan efisiensi removal Pb (sumbu y).



Gambar 4.13 Grafik konsentrasi awal dan konsntrasi akhir Pb

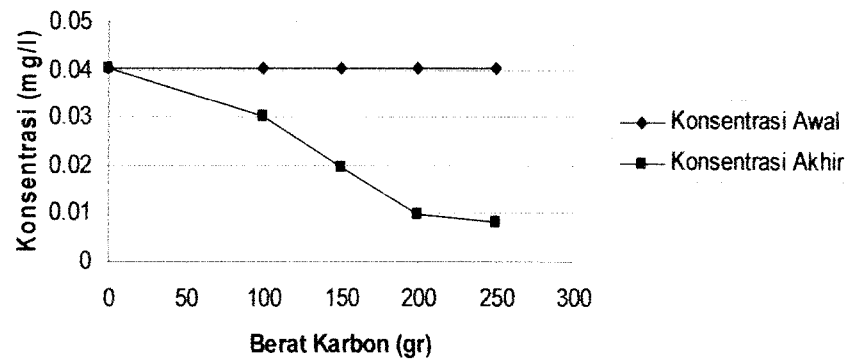


Gambar 4.14 Grafik efesiensi konsentrasi Pb

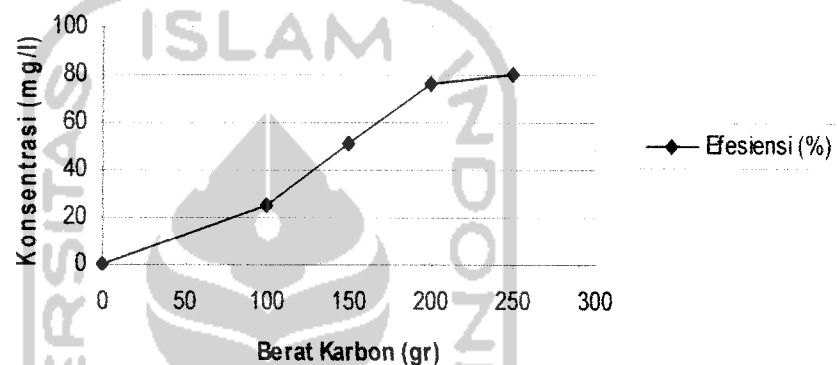
Tabel 4.9 Hasil pengujian pengaruh waktu pengadukan dan berat karbon aktif terhadap penurunan konsentrasi Pb pengujian ke 2

Berat Karbon Aktif (gr)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Efesiensi (%)
0	0.0402	0.0402	0
100	0.0402	0.0301	25.12
150	0.0402	0.0195	51.49
200	0.0402	0.0098	75.62
250	0.0402	0.0081	79.85

Dari Tabel 4.9 tersebut dapat dibuat grafik hubungan antara berat karbon aktif (sumbu x) denag efesiensi removal Pb (sumbu y).



Gambar 4.15 Grafik konsentrasi awal dan konsentrasi akhir Pb

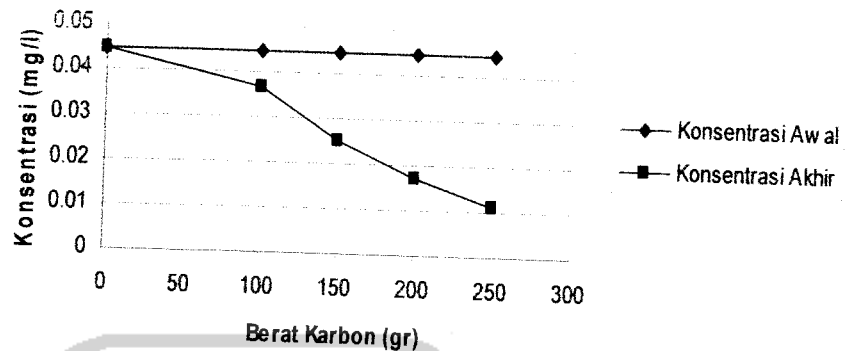


Gambar 4.16 Grafik efesiensi konsentrasi Pb

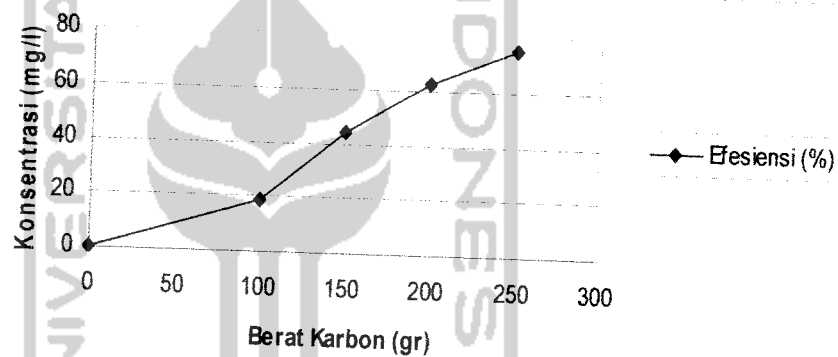
Tabel 4.10 Hasil pengujian variasi waktu pengadukan dan berat karbon aktif terhadap penurunan konsentrasi Pb pengujian ke 3

Berat Karbon (gr)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Efesiensi (%)
0	0.0447	0.0447	0
100	0.0447	0.0363	18.79
150	0.0447	0.0251	43.85
200	0.0447	0.0168	62.42
250	0.0447	0.0111	75.17

Dari Tabel 4.10 tersebut dapat dibuat grafik hubungan antara berat karbon aktif (sumbu x) dengan efisiensi removal Pb (sumbu y).



Gambar 4.17 Grafik konsentrasi awal dan konsentrasi akhir Pb



Gambar 4.18 Grafik efisiensi konsentrasi Pb

Timbal atau dalam keseharian lebih dikenal dengan nama timah hitam, dalam bahasa ilmiahnya dinamakan *plumbum*. Logam timbal disimbolkan dengan Pb. Logam ini termasuk ke dalam kelompok logam-logam golongan IV A pada tabel periodik unsur kimia. Mempunyai nomor atom (NA) 82 dengan bobot atau berat atom (BA) 207.2.

Penelitian ini menggunakan media penyerap (adsorben) yaitu karbon aktif, karena karbon aktif dapat menyerap logam-logam berat

yang terdapat dalam limbah atau buangan (Brault, 1991). Karbon aktif yang digunakan pada penelitian ini yaitu karbon aktif yang berbentuk granular. Menurut Reynold (1982), proses adsorpsi terbagi menjadi 4 tahap yaitu, transfer moleku-molekul zat terlarut yang teradsorpsi menuju lapisan film yang mengelilingi adsorbent, difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui lapisan film, difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui kapiler/pori dalam adsorbent, dan adsorpsi zat terlarut yang teradsorpsi pada dinding kapiler atau permukaan adsorben.

Beberapa faktor yang mempengaruhi berlangsungnya proses adsorpsi yakni, karakteristik fisik dan kimia zat pengadsorpsi (adsorben), karakteristik zat yang teradsorpsi (adsorbet), derajat keasaman (pH) dan waktu kontak (Weber, 1972). Karbon aktif sebagai adsorben mempunyai beberapa sifat yang mempengaruhi proses adsorpsi yaitu, ukuran butir karbon aktif, luas permukaan karbon aktif dan distribusi ukuran pori karbon aktif.

Adsorpsi menggunakan arang akan lebih efektif apabila kelembaban bahan adsorbatnya lebih rendah (kurang dari 50%) dan berada pada temperature $\pm 1 < 120^{\circ} \text{ F} < 49^{\circ} \text{ C}$. Pada kelembaban adsorbat yang tinggi akan menyebabkan seluruh pori-pori mikro dari karbon akan terisi air dan meningkatkan kondensasi kapiler pori-pori sehingga kapasitas penyerapan menjadi menurun (Graham & Warren, 1951).

Pada penelitian ini untuk pengujian konsentrasi Pb, sama halnya dengan pengujian konsentrasi COD dan TSS yaitu menggunakan variasi

berat karbon aktif 100 gr, 150 gr, 200 gr dan 250 gr dan dengan variasi waktu kontak selama 1 jam, 1.5 jam dan 2 jam.

Untuk pengujian konsentrasi Pb yang pertama (1) dilakukan dengan waktu kontak selama 1 jam, dengan variasi karbon aktif 100 gr, 150 gr, 200 gr dan 250 gr. Untuk konsentrasi awal Pb yaitu sebesar 0.0489 mg/L, setelah dilakukan pengujian didapatkannya hasil pengujian konsentrasi Pb yaitu untuk berat karbon aktif 100 gr dengan konsentrasi 0.0264 mg/L dan efesiensi konsentrasi sebesar 46.01 %, untuk berat karbon aktif 150 gr dapat menurunkan konsentrasi dengan efesiensi sebesar 68.72 % yaitu dengan konsentrasi 0.0153 mg/L, berat karbon aktif 200 gr terjadi penurunan konsentrasi dengan efesiensi sebesar 83.84 % yaitu dengan konsentrasi 0.0079 mg/L, dan untuk berat karbon aktif 250 gr didapatkan konsentrasi sebesar 0.0019 mg/L dengan besar efesiensi 96.11 %. Untuk pengujian pertama ini didapatkan efesiensi sebesar 73.67 %.

Pada pengujian ke dua (2) ini waktu kontak dilakukan selama 1.5 jam dengan variasi berat karbon sama dengan pengujian sebelumnya, yaitu 100 gr, 150 gr, 200 gr dan 250 gr. Untuk konsentrasi awal Pb pada pengujian ke dua ini sebesar 0.0402 mg/L. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan penurunan konsentrasi pada berat karbon aktif 100 gr yaitu 0.0301 mg/L dengan efesiensi sebesar 25.12 %, untuk berat karbon aktif 150 gr didapatkan konsentrasi 0.0195 mg/L dengan efesiensi sebesar 51.49 %, karbon aktif dengan berat 200 gr dapat menurunkan konsentrasi Pb sebesar 0.0098 mg/L dengan efesiensi 75.62 %, dan untuk

berat karbon aktif 250 gr dapat menurunkan konsentrasi Pb sebesar 0.0081 mg/L dengan efesiensi sebesar 79.85 %. Dari hasil tersebut bahwa pengujian ke dua ini dapat menurunkan konsentrasi Pb sebesar 58.02 %.

Untuk pengujian ke tiga (3) ini didapatkan efesiensi konsentrasi Pb yaitu sebesar 50.058 %. Waktu kontak yang digunakan selama 2 jam dengan variasi berat karbon aktif 100 gr, 150 gr, 200 gr dan 250 gr. Penurunan konsentrasi Pb terjadi pada setiap variasi berat karbon aktif, yaitu dengan konsentrasi awal Pb sebesar 0.0447 mg/L. Untuk berat karbon aktif dengan 100 gr terjadi penurunan konsentrasi yaitu 0.0363 mg/L dengan efesiensi sebesar 18.79 %, untuk berat karbon aktif 150 gr dapat menurunkan konsentrasi yaitu 0.0251 mg/L dengan efesiensi sebesar 43.85 %, berat karbon aktif 200 gr dapat menurunkan konsentrasi Pb sebesar 0.0168 mg/L dengan efesiensi sebesar 62.42 %, dan untuk berat karbon aktif 250 gr terjadi penurunan konsentrasi sebesar 0.0111 mg/L dengan efesiensi sebesar 75.17 %.

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan untuk pengujian konsentrasi Pb, dengan variasi waktu kontak selama 1 jam, 1.5 jam dan 2 jam dan variasi berat karbon aktif 100 gr, 150gr, 200 gr dan 250 gr. Dapat dilihat bahwa dari variasi berat karbon aktif, semakin banyak dosis karbon aktif (berat karbon) sebagai adsorben maka semakin menunjukkan penurunan konsentrasi yang baik, hal ini disebabkan adanya ikatan tarik menarik antara molekul zat yang terlarut dengan pelarutnya, sehingga zat yang terlarut akan dapat dapat diadsorpsi.

Untuk variasi waktu kontak yang digunakan dalam pengujian ini tidak menunjukkan adanya penurunan konsentrasi Pb. Ini cukup bertentangan dengan pustaka yang ada, bahwa semakin lama waktu kontaknya dengan karbon aktif maka akan semakin turun konsentrasi dari adsorbat. Proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih sempurna ketika waktu kontaknya lebih lama dengan karbon aktif.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air Kelas II untuk parameter logam Pb sebesar 0.03 mg/L. Untuk hasil pengujian konsentrasi Pb pertama dan ke dua bahwa konsentrasi akhir Pb sudah sesuai dengan Peraturan Pemerintah dan untuk pengujian ke tiga pada berat karbon 100 gr belum dapat dikatakan sesuai dengan Peraturan Pemerintah tersebut.

4.1.5 Analisa Data Untuk Adsorpsi Tes Statistik Isoterm Langmuir, Freundlich dan BET

Model adalah tiruan dari suatu kondisi yang menekankan pada aspek-aspek yang dianggap penting dan mengabaikan aspek-aspek lainnya (Schwarzenbach et al, 1993). Pada proses adsorpsi, telah banyak model yang dikembangkan, tetapi pengembangan model-model itu tidak lepas dari model adsorpsi yang umum digunakan, yaitu model isoterm Langmuir atau Freundlich dan BET. Karena untuk model Langmuir,

Freundlich dan BET lebih memberikan hasil yang memuaskan dan lebih umum digunakan.

Dalam penelitian ini digunakan model isoterm Langmuir, freundlich dan BET sebagai analisa adsorpsi, untuk pengujian konsentrasi COD dan Pb saja.

4.1.6 Ishoterm Langmuir, Freundlich dan BET Adsorpsi Konsentrasi COD

4.1.6.1 Ishoterm Langmuir Adsorpsi Konsentrasi COD Pengujian Pertama (1), Pengujian Ke dua (2) dan Pengujian Ke tiga (3)

Model Langmuir mendefenisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (*monolayer*) adsorbat dipermukaan adsorben. Ada empat asumsi dasar yang digunakan dalam model ini (Ruthven, 1984), yaitu :

1. Molekul diadsorpsi oleh *site* (tempat terjadinya reaksi di permukaan adsorben) yang tetap.
2. Setiap *site* dapat “memegang” satu molekul adsorbat.
3. Semua *site* mempunyai energi yang sama.
4. Tidak ada interaksi antara molekul yang teradsorpsi dengan *site* sekitarnya.

Untuk perhitungan model Langmuir ini dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{x}{m} = \frac{qmbC}{1 + bC} \dots\dots\dots (pers.4.1)$$

Untuk mencari grafik linear model Langmuir, data hasil pengujian yang diperoleh diplot dengan $1/(x/m)$ sebagai sumbu y dan $1/C$ sebagai sumbu x.

Contoh perhitungan :

$$1. \text{ COD teradsorpsi (x)} = (\text{COD awal} - \text{COD akhir}) \times \text{Volume} \\ = (157.001 \text{ mg/l} - 120.629 \text{ mg/l}) \times 0.5 \text{ l} = 18.186 \text{ mg.}$$

$$2. x/m = 18.186 \text{ mg} / 1000000 = 0.000182$$

3. Untuk mencari konstanta Langmuir, hitung $1/C$ dan $1/(x/m)$:

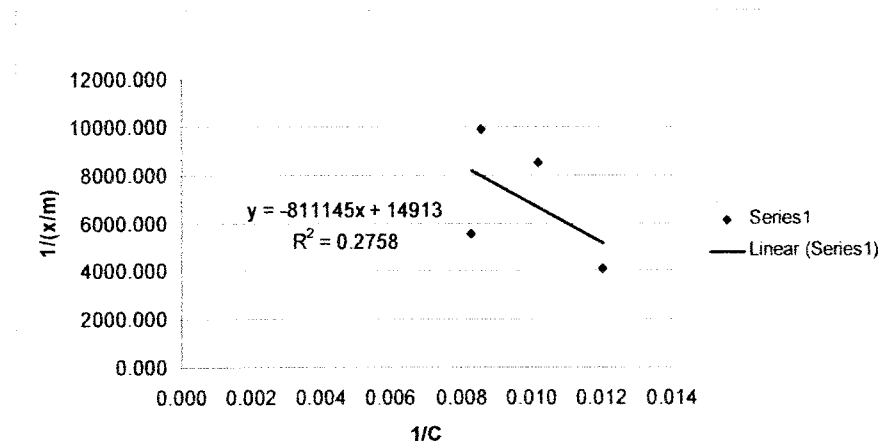
$$1/C = 1 / 120.629 = 0.008$$

$$1 / (x/m) = 1 / 0.000182 = 5494.505$$

Tabel 4.11 Perhitungan COD model Langmuir pengujian pertama (1)

No	Berat Karbon (mg) (m)	Volume Limbah (ml)	Konsentrasi COD (mg/L) (C)	Massa COD Teradsorpsi (mg) (x)	x/m (mg/mg)	1/C	1/(x/m)
1	0	500	157.001	0	0	0.006	0
2	100000	500	120.629	18.186	0.000182	0.008	5498.735
3	150000	500	82.985	37.008	0.000247	0.012	4053.178
4	200000	500	116.559	20.221	0.000101	0.009	9890.708
5	250000	500	97.992	29.505	0.000118	0.010	8473.140

Dari Tabel 4.11 dapat diplotkan dalam Grafik persamaan Langmuir :



Gambar 4.19 Grafik persamaan Langmuir COD pengujian pertama (1)

Dari Grafik di atas diperoleh $1/(qmb) = -811145$ dan $1/qm = 14913$ atau $qm = 6.7056 \times 10^{-5}$ dan $b = -0.0184$, maka persamaan adsorpsi yang diperoleh adalah :

$$\frac{x}{m} = \frac{(6.7056 \times 10^{-5}) \times (-0.0184)C}{1 - 0.0184C} \dots\dots\dots(\text{pers.4.2})$$

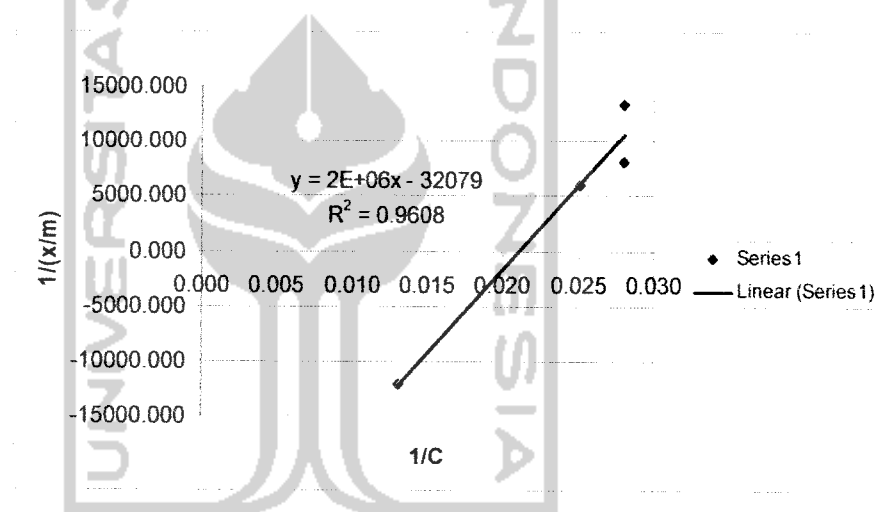
Dari persamaan di atas maka C hasil adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 4.12 dibawah ini :

Co (mg/L)	Berat Karbon (mg)	Ce (mg/L)	x/m	C model $x/m = qm \cdot bC / (1 + bC)$	C hasil $= (Ce - C_{model})^2$ (mg/)
157.001	100000	120.629	0.000182	-14.492	18257.685
157.001	150000	82.985	0.000247	-19.667	10537.433
157.001	200000	116.559	0.000101	-8.042	15525.409
157.001	250000	97.992	0.000118	-9.396	11532.183

Tabel 4.13 Perhitungan COD model Langmuir Pengujian ke dua (2)

No	Berat Karbon (mg) (m)	Volume Limbah (ml)	Konsentrasi COD (mg/L.) (C)	Massa COD Teradsorpsi (mg) (x)	x/m	1/C	1/(x/m)
1	0	500	73.065	0	0	0.014	0
2	100000	500	39.746	16.659	0.000167	0.025	6002.761
3	150000	500	35.676	18.695	0.000125	0.028	8023.536
4	200000	500	76.372	-16.535	0.000083	0.013	12095.555
5	250000	500	35.676	18.695	0.000075	0.028	13372.560

Dari Tabel 4.13 dapat diplotkan dalam Grafik persamaan Langmuir :



Gambar 4.20 Grafik persamaan Langmuir COD pengujian ke dua (2)

Dari Grafik diatas dapat diperoleh persamaan adsorpsi sebagai berikut :

$$\frac{x}{m} = \frac{(-3.1173 \times 10^{-5}) \times (-0.0160)C}{1 - 0.0160C} \dots\dots\dots(\text{pers.4.3})$$

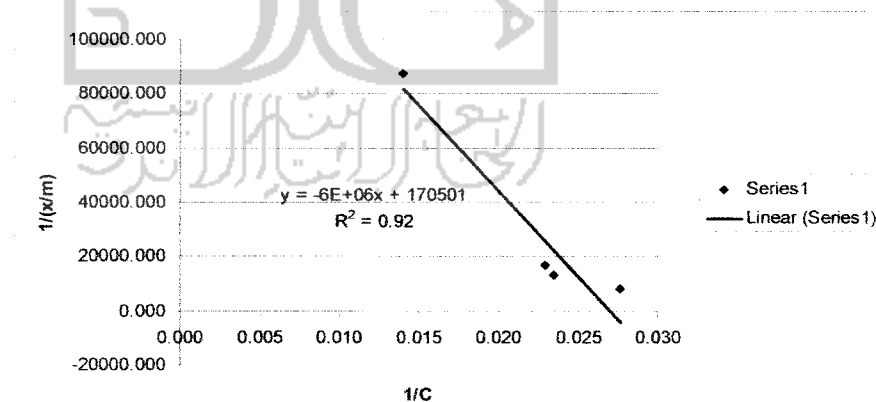
Dari persamaan diatas maka C hasil adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 4.14 dibawah ini :

Co (mg/L)	Berat Karbon (mg)	Ce (mg/L)	x/m	C model $x/m = q_{mb}C / (1 + bC)$	C hasil = $C_e - C_{model}$ ² (mg/L)
73.07	100000	39.746	0.000167	328.656	83468.988
73.07	150000	35.676	0.000125	246	44236.185
73.07	200000	76.372	-0.000083	-163.344	57463.761
73.07	250000	35.676	0.000075	147.6	12526.982

Tabel 4.15 Perhitungan COD model Langmuir pengujian ke tiga (3)

No	Berat Karbon (mg) (m)	Volume Limbah (ml)	Konsentrasi COD (mg/L) (C)	Massa COD Teradsorpsi (mg) (x)	x/m (mg/mg)	1/C	1/(x/m)
1	0	500	73.319	0	0	0.014	0
2	100000	500	71.031	1.144	0.000011	0.014	87412.587
3	150000	500	36.184	18.568	0.000124	0.028	8078.414
4	200000	500	42.543	15.388	0.000077	0.024	12997.141
5	250000	500	43.561	14.879	0.000060	0.023	16802.204

Dari Tabel 4.15 dapat diplotkan dalam Grafik persamaan Langmuir :



Gambar 4.21 Grafik persamaan Langmuir COD pengujian ke tiga (3)

Dari grafik diatas diperoleh persamaan adsorpsi sebagai berikut :

$$\frac{x}{m} = \frac{(5.8651 \times 10^{-6}) \times (-0.0284)C}{1 - 0.0284C} \dots\dots\dots(\text{pers.4.4})$$

Dari persamaan diatas maka C hasil adsorpsi dapat dilihat pada

Table 4.16 dibawah ini :

Co (mg/L)	Berat Karbon (mg)	Ce (mg/L)	x/m	C model $x/m = q_{mb}C / 1 + bC$	C hasil $= (C_{e \text{ model}})^2$ (mg/L)
73.32	100	71.031	0.000011	-64.125	18267.144
73.32	150	36.184	0.000124	-722.863	576152.348
73.32	200	42.543	0.000077	-448.875	241491.651
73.32	250	43.561	0.00006	-349.773	154711.636

4.1.6.2 Isoterm Freundlich Adsorpsi Konsentrasi COD Pengujian

Pertama (1), Pengujian ke dua (2) dan Pengujian ke tiga (3)

Model adsorpsi Freundlich digunakan jika diasumsikan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (*multilayer*) dan *site* bersifat heterogen, yaitu adanya perbedaan energi pengikat pada tiap-tiap *site*.

Isoterm Freundlich sering digunakan untuk menjelaskan sorpsi kimia organik pada karbon aktif pada konsentrasi yang relatif tinggi di dalam air dan air limbah.

Untuk perhitungan model Freundlich ini dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

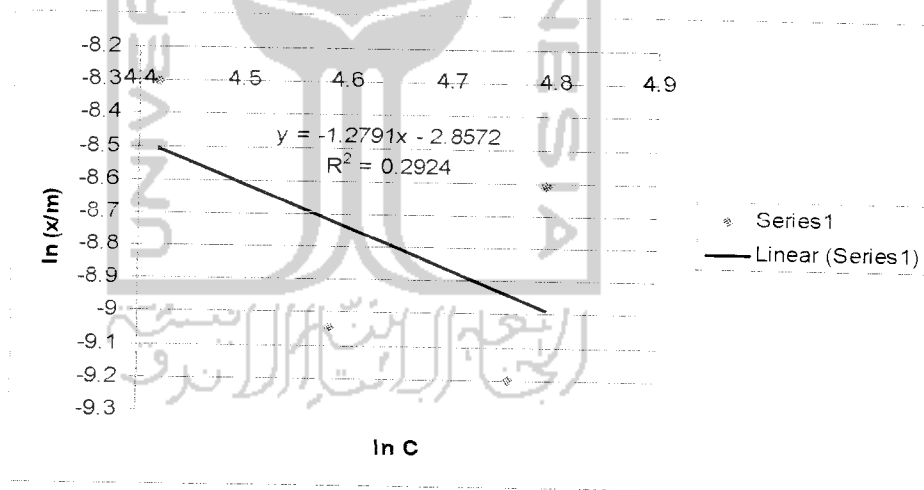
$$\frac{x}{m} = KC \frac{1}{n} \dots\dots\dots(\text{pers.4.5})$$

Untuk mencari grafik linier model Freundlich, data percobaan laboratorium yang diperoleh diplot dengan $\ln C$ sebagai sumbu x dan $\ln (x/m)$ sebagai sumbu y.

Tabel 4.17 Perhitungan COD model Freundlich pengujian pertama (1)

No	Berat Karbon (mg) (m)	Volume Limbah (ml)	Konsentrasi COD (mg/L) (C)	Massa COD Teradsorpsi (mg) (x)	x/m (mg/mg)	$\ln (x/m)$	$\ln C$
1	0	500	157.001	0	0	0	0
2	100000	500	120.629	18.186	0.000182	8.612	4.793
3	150000	500	82.985	37.008	0.000247	8.306	4.419
4	200000	500	116.559	20.221	0.000101	-9.2	4.758
5	250000	500	97.992	29.505	0.000118	9.045	4.585

Dari Tabel 4.17 dapat diplotkan dalam Grafik persamaan Freundlich :



Gambar 4.22 Grafik persamaan Freundlich COD pengujian pertama (1)

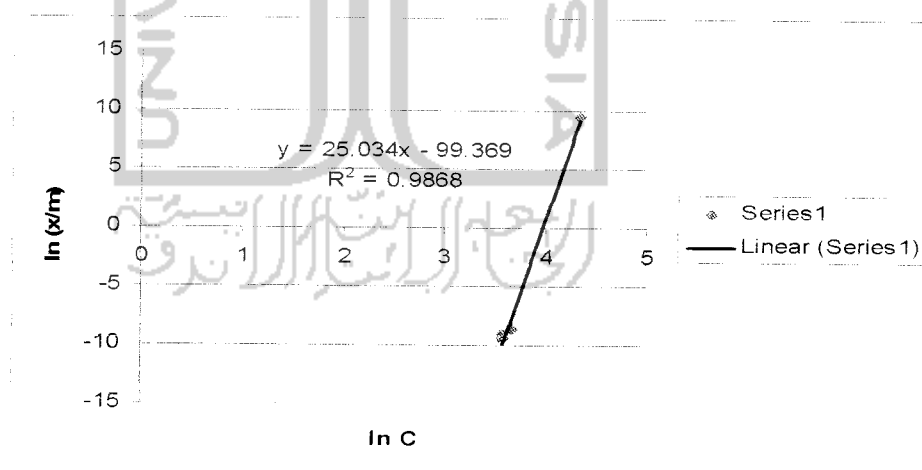
Dari grafik diatas diperoleh $1/n = -1.2791$ dan $\ln K = -2.8572$ atau $K = 0.0574$, maka C hasil adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 4.18 dibawah ini :

Co (mg/L)	Berat Karbon (mg)	Ce (mg/L)	x/m	C model x/m = KC ^{1/n}	C hasil = (Ce-C model) ² (mg/L)
157.001	100000	120.629	0.000182	0.0842	14531.049
157.001	150000	82.985	0.000247	0.1358	6863.990
157.001	200000	116.559	0.000101	0.0879	13565.517
157.001	250000	97.992	0.000118	0.1098	9580.925

Tabel 4.19 Perhitungan COD model Freundlich pengujian ke dua (2)

No	Berat Karbon (mg) (m)	Volume Limbah (ml)	Konsentrasi COD (mg/L) (C)	Massa COD Teradsorpsi (mg) (x)	x/m (mg/mg)	Ln (x/m)	ln C
1	0	500	73.065	0	0	0	0
2	100000	500	39.746	16.659	0.000167	-8.698	3.683
3	150000	500	35.676	18.695	0.000125	-8.987	3.574
4	200000	500	76.372	-16.535	-0.000083	9.397	4.336
5	250000	500	35.676	18.695	0.000075	-9.498	3.574

Dari Tabel 4.19 dapat diplotkan dalam Grafik persamaan Freundlich :



Gambar 4.23 Grafik persamaan Freundlich COD pengujian ke dua (2)

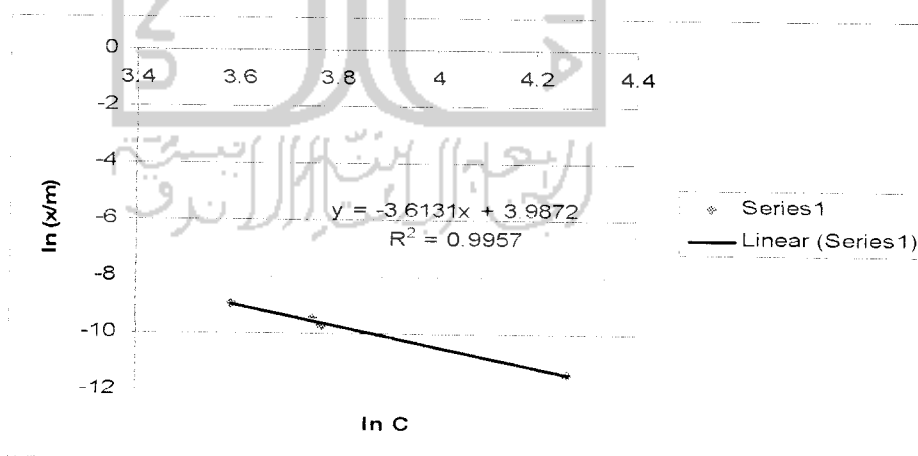
Dari grafik diatas diperoleh $1/n = 25.034$ dan $\ln K = -99.369$ atau $K = 6.998E-44$, maka C hasil adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 4.20 dibawah ini :

Co (mg/L)	Berat Karbon (mg)	Ce (mg/L)	x/m	C model x/m = KC ^{1/n}	C hasil = (Ce-C model) ² (mg/L)
73.1	100000	39.746	0,000167	0	1579.745
73.1	150000	35.676	0,000125	0	1272.777
73.1	200000	76.372	0,000083	0	5832.682
73.1	250000	35.676	0,000075	0	1272.777

Tabel 4.21 Perhitungan COD model Freundlich pengujian ke tiga (3)

No	Berat Karbon (mg) (m)	Volum Limbah (ml)	Konsentrasi COD (mg/L) (C)	Massa COD Teradsorpsi (mg) (x)	x/m (mg/mg)	Ln (x/m)	ln C
1	0	500	73.319	0	0	0	0
2	100000	500	71.031	1.144	0.000011	-11.418	4.263
3	150000	500	36.184	18.568	0.000124	-8.995	3.588
4	200000	500	42.543	15.388	0.000077	-9.472	3.751
5	250000	500	43.561	14.879	0.000060	-9.721	3.774

Dari Tabel 4.21 dapat diplotkan dalam Grafik persamaan Freundlich :



Gambar 4.24 Grafik persamaan Freundlich COD pengujian ke tiga (3)

Dari grafik diatas diperoleh $1/n = -3.6131$ dan $\ln K = 3.9872$ atau $K = 1.3831$, maka C hasil adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 4.22 dibawah ini :

Co (mg/L)	Berat Karbon (mg)	Ce (mg/L)	x/m	C model x/m = $KC^{1/n}$	C hasil = (Ce-C model) ² (mg/L)
73.3	100000	71.031	0.000011	6.38464E-08	5045.403
73.3	150000	36.184	0.000124	7.30343E-07	1309.282
73.3	200000	42.543	0.000077	4.06897E-07	1809.907
73.3	250000	43.561	0.00006	3.73576E-07	1897.561

4.1.6.3 Ishoterm BET Adsorpsi Konsentrasi COD Pengujian

Pertama (1), Pengujian ke dua (2) dan Pengujian ke tiga (3)

Model adsorpsi BET (Brenauer, Emmett, dan Teller) mengasumsikan bahwa di permukaan adsorben terakumulasi sejumlah lapisan adsorbat, sehingga disebut adsorpsi banyak lapisan (*multilayer*).

Untuk perhitungan model BET ini dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

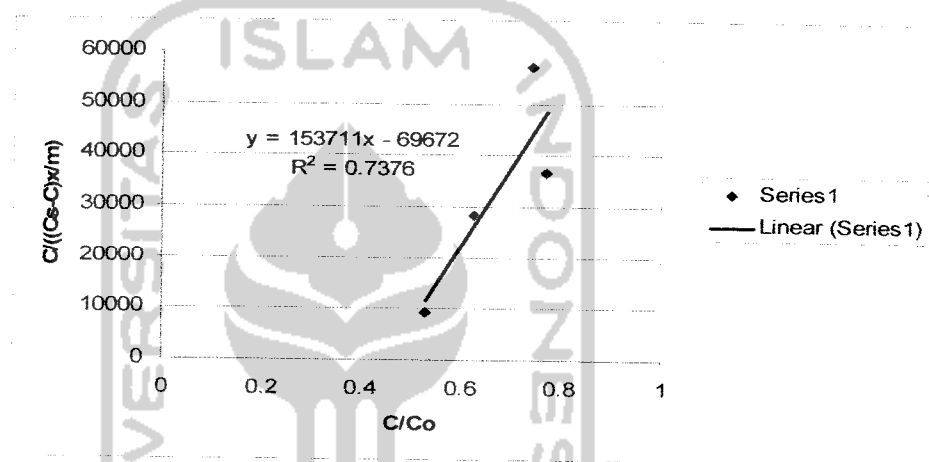
$$\frac{C}{x/m(C_s - C)} = \frac{1}{bqm} + \frac{(b-1)\left(\frac{C}{C_s}\right)}{bqm} \dots\dots\dots (\text{pers.4.6})$$

Untuk mencari grafik linier model BET, data percobaan laboratorium yang diperoleh diplot dengan $C/(C_s - C)x/m$ sebagai sumbu y dan C/C_s sebagai sumbu x.

Tabel 4.23 Perhitungan COD model BET pengujian pertama (1)

No	(m) (mg)	(C) (mg/l)	x (mg)	x/m (mg/mg)	Co	(Cs-C)	C/((CsC)x/m)	C/Co
1	0	157.001	0	0	0	0	-	-
2	100000	120.629	18.186	0.000182	157.001	18.186	36473.49276	0.768333
3	150000	82.985	37.008	0.000247	157.001	37.008	9088.655175	0.528564
4	200000	116.559	20.221	0.000101	157.001	20.221	57012.56103	0.742409
5	250000	97.992	29.505	0.000118	157.001	29.505	28140.99133	0.624149

Dari Tabel 4.23 dapat diplotkan dalam Grafik persamaan BET :



Gambar 4.25 Grafik persamaan BET COD pengujian pertama (1)

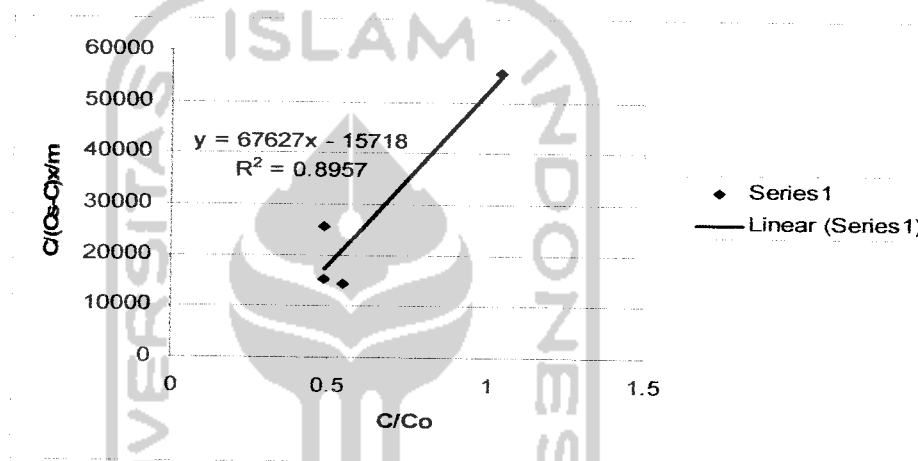
Dari grafik diatas diperoleh $(b-1)/bqm = 153711$ dan $1/bqm = -69672$, maka C hasil adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 4.24 dibawah ini :

Co (mg/L)	Berat Karbon (mg)	Ce (mg/L)	x/m	Cs-C	C model	C hasil = (Ce-Cmodel) ²
157.001	100000	120.629	0.000182	18.186	0.00000182	14551.3552
157.001	150000	82.985	0.000247	37.008	0.00000247	6886.509815
157.001	200000	116.559	0.000101	20.221	0.00000101	13586.00025
157.001	250000	97.992	0.000118	29.505	0.00000118	9602.431833

Tabel 4.25 Perhitungan COD model BET pengujian ke dua (2)

No	(m) (mg)	(C) (mg/L)	x (mg)	x/m (mg/mg)	Co	(Cs-C)	C/((Cs-C)x/m)	C/Co
1	0	73.065	0	0	0	0	-	-
2	100000	39.746	16.659	0.000167	73.065	16.659	14286.57182	0.543981
3	150000	35.676	18.695	0.000125	73.065	18.695	15266.54186	0.488278
4	200000	76.372	16.535	-0.000083	73.065	-16.535	55648.29624	1.045261
5	250000	35.676	18.695	0.000075	73.065	18.695	25444.23643	0.488278

Dari Tabel 4.25 dapat diplotkan dalam Grafik persamaan BET :



Gambar 4.26 Grafik persamaan BET COD pengujian ke dua (2)

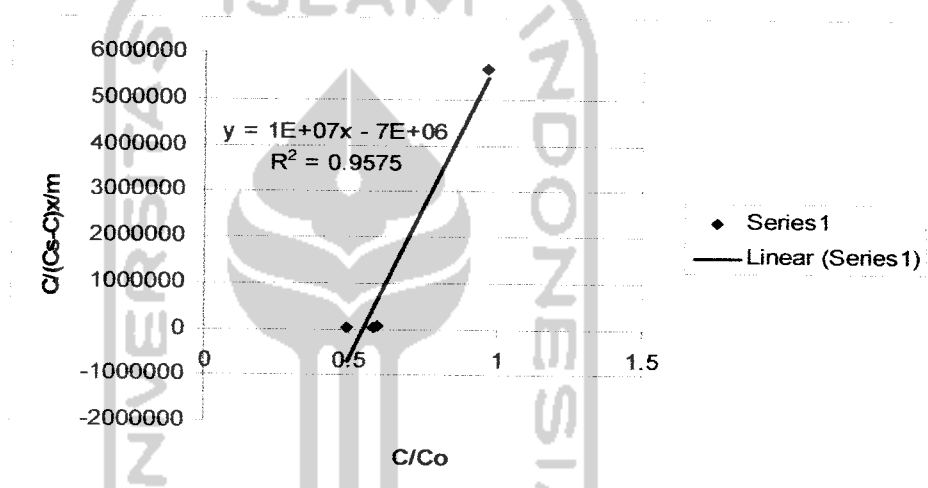
Dari grafik diatas diperoleh $(b-1)/bqm = 67627$ dan $1/bqm = -15718$, maka C hasil adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 4.26 dibawah ini :

Co (mg/L)	Berat Karbon (mg)	Ce (mg/L)	x/m	Cs-C	C model	C hasil = (Ce-Cmodel) ²
73.065	100000	39.746	0.000167	16.659	0.00000167	1579.744383
73.065	150000	35.676	0.000125	18.695	0.00000125	1272.776887
73.065	200000	76.372	0.000083	-16.535	0.00000083	5832.682511
73.065	250000	35.676	0.000075	18.695	0.00000075	1272.776922

Tabel 4.27 Perhitungan COD model BET pengujian ke tiga (3)

No	(m) (mg)	(C) (mg/L)	X (mg)	x/m (mg/mg)	Co	(Cs-C)	$C/((Cs-C)x/m)$	C/Co
1	0	73.319	0	0	0	0	-	-
2	100000	71.031	1.144	0.000011	73.319	1.144	5644548.633	0.968794
3	150000	36.184	18.568	0.000124	73.319	18.568	15715.55642	0.493515
4	200000	42.543	15.388	0.000077	73.319	15.388	35905.02297	0.580245
5	250000	43.561	14.879	0.00006	73.319	14.879	48794.72187	0.59413

Dari Tabel 4.27 dapat diplotkan dalam Grafik persamaan BET :



Gambar 4.27 Grafik persamaan BET COD pengujian ke tiga (3)

Dari grafik diatas diperoleh $(b-1)/bqm = 1E^7$ dan $1/bqm = 7E^6$,

maka C hasil adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 4.28 dibawah ini :

Co (mg/L)	Berat Karbon (mg)	Ce (mg/L)	x/m	Cs-C	C model	C hasil = (Ce-Cmodel) ²
73.319	100000	71.031	0.000011	1.144	0.00000011	5045.402945
73.319	150000	36.184	0.000124	18.568	0.00000124	1309.281766
73.319	200000	42.543	0.000077	15.388	0.00000077	1809.906783
73.319	250000	43.561	0.00006	14.879	0.0000006	1897.560669

4.1.7 Ishoterm Langmuir, Freundlich dan BET Adsorpsi Konsentrasi Pb

4.1.7.1 Ishoterm Langmuir Adsorpsi Konsentrasi Pb Pengujian Pertama (1), Pengujian Ke dua (2) dan Pengujian Ke tiga (3)

Model Langmuir mendefenisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (*monolayer*) adsorbat dipermukaan adsorben. Ada empat asumsi dasar yang digunakan dalam model ini (Ruthven, 1984), yaitu :

1. Molekul diadsorpsi oleh *site* (tempat terjadinya reaksi di permukaan adsorben) yang tetap.
2. Setiap *site* dapat “memegang” satu molekul adsorbat.
3. Semua *site* mempunyai energi yang sama.
4. Tidak ada interaksi antara molekul yang teradsorpsi dengan *site* sekitarnya.

Untuk perhitungan model Langmuir ini dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{x}{m} = \frac{qmbC}{1 + bC} \dots\dots\dots(\text{pers.4.7})$$

Untuk mencari grafik linear model Langmuir, data hasil pengujian yang diperoleh diplot dengan $1/(x/m)$ sebagai sumbu y dan $1/C$ sebagai sumbu x.

Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned} 1. \text{ Pb teradsorpsi (x)} &= (\text{Pb awal} - \text{Pb akhir}) \times \text{Volume} \\ &= (0.0489 \text{ mg/l} - 0.0264 \text{ mg/l}) \times 0.5 \text{ l} = 0.0113 \text{ mg.} \end{aligned}$$

$$2. x/m = 0.00113 \text{ mg} / 1000000 = 0.000000113$$

3. Untuk mencari konstanta Langmuir, hitung $1/C$ dan $1/(x/m)$:

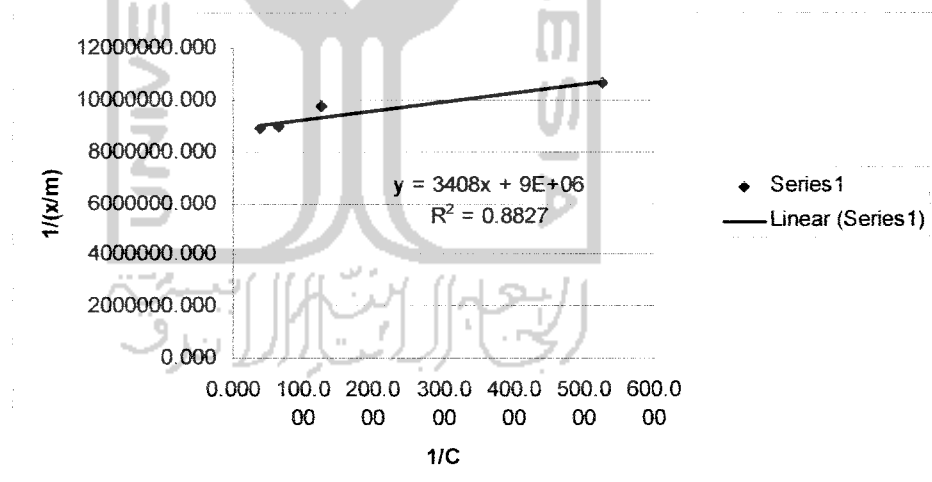
$$1/C = 1 / 0.0264 = 37.879$$

$$1 / (x/m) = 1 / 0.000000113 = 8888888.889$$

Tabel 4.29 Perhitungan Pb model Langmuir pengujian pertama (1) :

No	Berat Karbon (mg) (m)	Volume Limbah (ml)	Konsentrasi Pb (mg/L) (C)	Massa Pb Teradsorpsi (mg)(x)	x/m (mg/mg)	1/C	1/(x/m)
1	0	500	0.0489	0	0	20.450	0
2	100000	500	0.0264	0.0113	0.000000113	37.879	8888888.889
3	150000	500	0.0153	0.0168	0.000000112	65.359	8928571.429
4	200000	500	0.0079	0.0205	0.000000103	126.582	9756097.561
5	250000	500	0.0019	0.0235	0.000000094	526.316	10638297.872

Dari Tabel 4.29 dapat diplotkan dalam Grafik persamaan Langmuir :



Gambar 4.28 Grafik persamaan Langmuir Pb pengujian pertama (1)

Dari grafik diatas diperoleh persamaan adsorpsi sebagai berikut :

$$\frac{x}{m} = \frac{1.111 \times 10^{-7} \times 2640.845C}{1 + 2640.845C} \quad \dots\dots\dots(\text{pers.4.8})$$

Dari persamaan diatas maka C hasil adsorpsi dapat dilihat pada

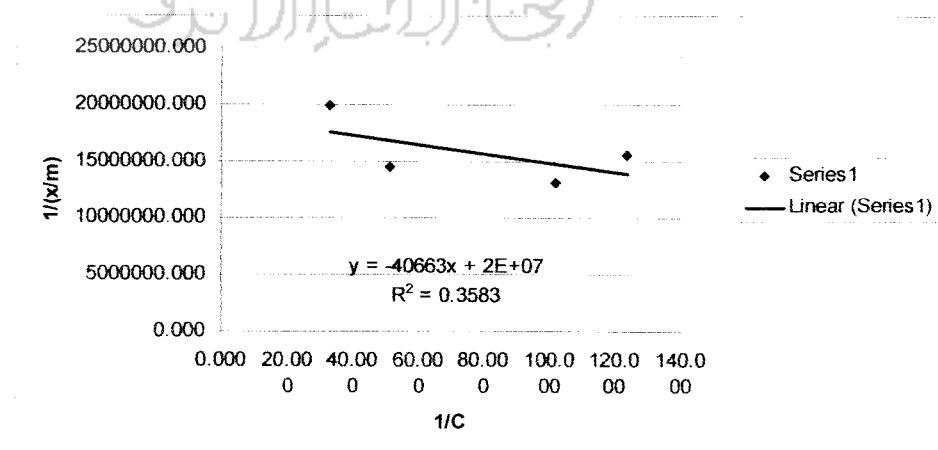
Tabel 4.30 dibawah ini :

Co (mg/L)	Berat Karbon (mg)	Ce (mg/L)	x/m	C model $x/m = \frac{q_m b C}{1 + b C}$	C hasil $=(C_e - C_{model})^2$ (mg/l)
0.05	100000	0.0264	0.000000113	1.0171	0.981
0.05	150000	0.0153	0.000000112	1.0081	0.986
0.05	200000	0.0079	0.000000103	0.9271	0.845
0.05	250000	0.0019	0.000000094	0.8461	0.713

Tabel 4.31 Perhitungan Pb model Langmuir pengujian ke dua (2) :

No	Berat Karbon (mg) (m)	Volume Limbah (ml)	Konsentrai Pb (mg/L) (C)	Massa Pb Teradsorpsi (mg) (x)	x/m (mg/mg)	1/C	1/(x/m)
1	0	500	0.0402	0	0	24.876	0
2	100000	500	0.0301	0.00505	0.000000051	33.223	19801980.198
3	150000	500	0.0195	0.01035	0.000000069	51.282	14492753.623
4	200000	500	0.0098	0.0152	0.000000076	102.041	13157894.737
5	250000	500	0.0081	0.01605	0.000000064	123.457	15576323.988

Dari Tabel 4.31 dapat diplotkan dalam Grafik persamaan Langmuir :



Gambar 4.29 Grafik persamaan Langmuir pengujian ke dua (2)

Dari grafik diatas diperoleh persamaan adsorpsi sebagai berikut :

$$\frac{x}{m} = \frac{(5 \times 10^{-8}) \times (-491.185)C}{1 - 491.185C} \dots\dots\dots(\text{pers.4.9})$$

Dari persamaan diatas maka C hasil adsorpsi dapat dilihat pada

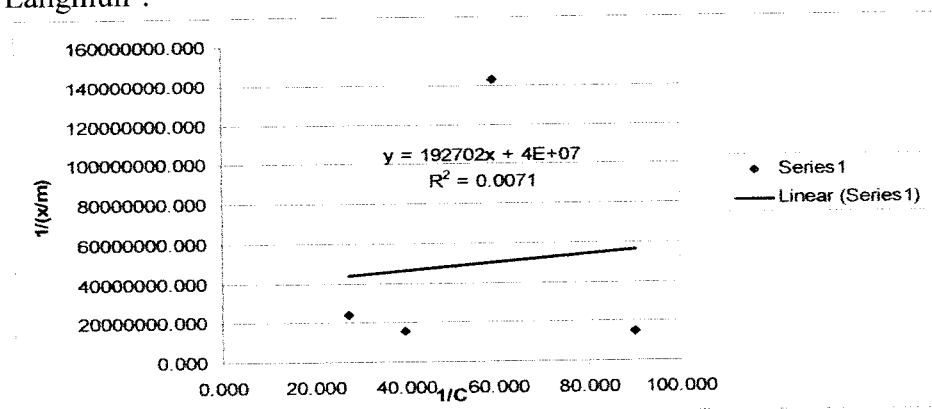
Tabel 4.31 dibawah ini :

Co (mg/L)	Berat Karbon (mg)	Ce (mg/L)	x/m	C model x/m=qm bC/1+bC	C hasil =(Ce-Cmodel)^2 (mg/l)
0.04	100000	0.0301	0.000000051	1.017	0.974
0.04	150000	0.0195	0.000000069	1.376	1.840
0.04	200000	0.0098	0.000000076	1.515	2.266
0.04	250000	0.0081	0.000000064	1.276	1.608

Tabel 4.32 Perhitungan Pb model Langmuir pengujian ke tiga (3) :

No	Berat Karbon (mg) (m)	Volume Limbah (ml)	Konsentrasi Pb (mg/L) (C)	Massa Pb Teradsorpsi (mg) (x)	x/m (mg/mg)	1/C	1/(x/m)
1	0	500	0.0447	0	0	22.371	0
2	100000	500	0.0363	0.0042	0.000000042	27.548	23809523.810
3	150000	500	0.0251	0.0098	0.000000065	39.841	15306122.449
4	200000	500	0.0168	0.0014	0.000000007	59.524	142857142.857
5	250000	500	0.0111	0.0168	0.000000067	90.090	14880952.381

Dari Tabel 4.32 dapat diplotkan dalam Grafik persamaan Langmuir :



Gambar 4.30 Grafik persamaan Langmuir pengujian ke tiga (3)

Dari grafik diatas diperoleh persamaan adsorpsi sebagai berikut :

$$\frac{x}{m} = \frac{2.5 \times 10^{-8} \times 0.2076C}{1 + 0.2076C} \dots\dots\dots(\text{pers.4.10})$$

Dari persamaan diatas maka C hasil adsorpsi dapat dilihat pada

Tabel 4.33 dibawah ini :

Co (mg/L)	Berat Karbon (gr)	Ce (mg/L)	x/m	C model x/m=qm bC/1+bC	C hasil =(Ce-Cmodel)^2 (mg/l)
0.04	100	0.0363	0.000000042	9.774	94.823
0.04	150	0.0251	0.000000065	15.127	228.067
0.04	200	0.0168	0.000000007	1.629	2.599
0.04	250	0.0111	0.000000067	15.592	242.764

4.1.7.2 Isoterm Freundlich Adsorpsi Konsentrasi Pb Pengujian pertama (1), ke dua (2) dan ke tiga (3)

Model adsorpsi Freundlich digunakan jika diasumsikan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (*multilayer*) dan *site* bersifat heterogen, yaitu adanya perbedaan energi pengikatan pada tiap-tiap *site*. Isoterm Freundlich sering digunakan untuk menjelaskan sorpsi kimia organik pada karbon aktif pada konsentrasi yang relatif tinggi didalam air dan air limbah.

Untuk perhitungan model Freundlich ini dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

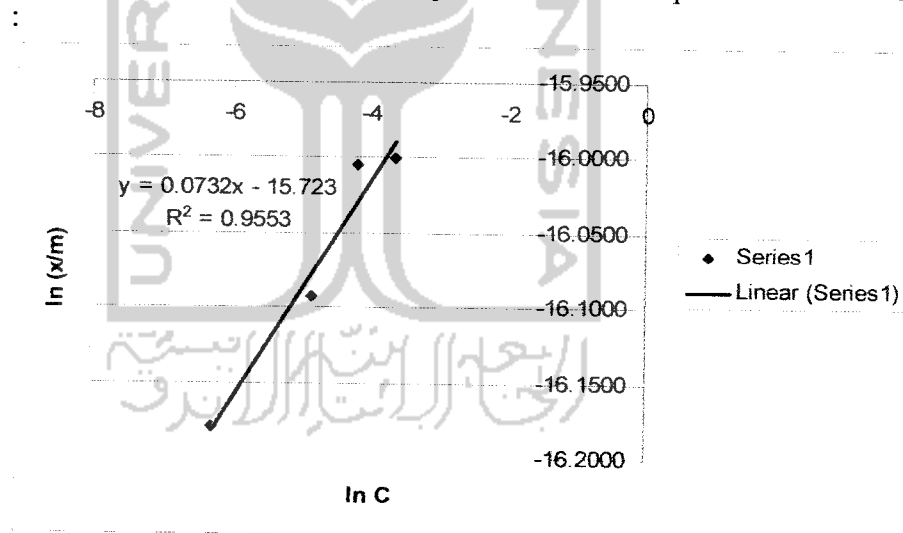
$$\frac{x}{m} = KC \frac{1}{n} \dots\dots\dots(\text{pers.4.11})$$

Untuk mencari grafik linier model freundlich, data percobaan laboratorium yang diperoleh diplot dengan $\ln C$ sebagai sumbu x dan $\ln (x/m)$ sebagai sumbu y.

Tabel 4.34 perhitungan Pb model Freundlich pengujian pertama (1)

No	Berat Karbon (mg) (m)	Volume Limbah (ml)	Konsentrasi Pb (mg/L) (C)	Massa Pb Teradsorpsi (mg) (x)	x/m (mg/mg)	$\ln (x/m)$	$\ln C$
1	0	500	0.0489	0	0	0	0
2	100000	500	0.0264	0.0113	0.000000113	-16.0003	3.63439
3	150000	500	0.0153	0.0168	0.000000112	-16.0048	-4.1799
4	200000	500	0.0079	0.0205	0.000000103	-16.0934	4.84089
5	250000	500	0.0019	0.0235	0.000000094	-16.1800	-6.2659

Dari Tabel 4.34 dapat diplot dalam Grafik persamaan Freundlich



Gambar 4.31 Garfik persamaan Freundlich Pb pengujian Pertama (1)

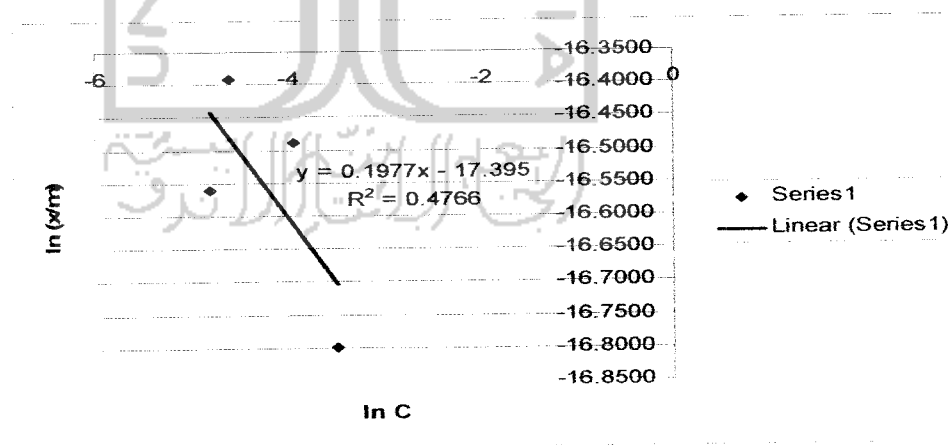
Dari grafik diatas diperoleh $1/n = 0.0732$ dan $\ln K = -15.723$ atau $K = 1.485E-7$, maka C hasil adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 4.35 dibawah ini :

Co (mg/L)	Berat Karbon (mg)	Ce (mg/L)	x/m	C model x/m = $KC^{1/n}$	C hasil = $(Ce - C \text{ model})^2$
0.0489	100000	0.0264	0.000000113	0.24246	0.04668
0.0489	150000	0.0153	0.000000112	0.23296	0.04738
0.0489	200000	0.0079	0.000000103	0.22196	0.04582
0.0489	250000	0.0019	0.000000094	0.19997	0.03923

Tabel 4.36 Perhitungan Pb model Freundlich pengujian ke dua (2)

No	Berat Karbon (mg) (m)	Volume Limbah (ml)	Konsentrasi Pb (mg/L) (C)	Massa Pb Teradsorpsi (mg) (x)	x/m (mg/mg)	ln (x/m)	Ln C
1	0	500	0.0402	0	0	0	0
2	100000	500	0.0301	0.00505	0.000000051	16.8013	3.50323
3	150000	500	0.0195	0.01035	0.000000069	16.4892	3.93734
4	200000	500	0.0098	0.0152	0.000000076	16.3925	4.62537
5	250000	500	0.0081	0.01605	0.000000064	16.5613	4.81589

Dari Tabel 4.36 dapat diplotkan dalam Grafik persamaan Freundlich :



Gambar 4.32 Grafik persamaan Freundlich Pb pengujian ke dua (2)

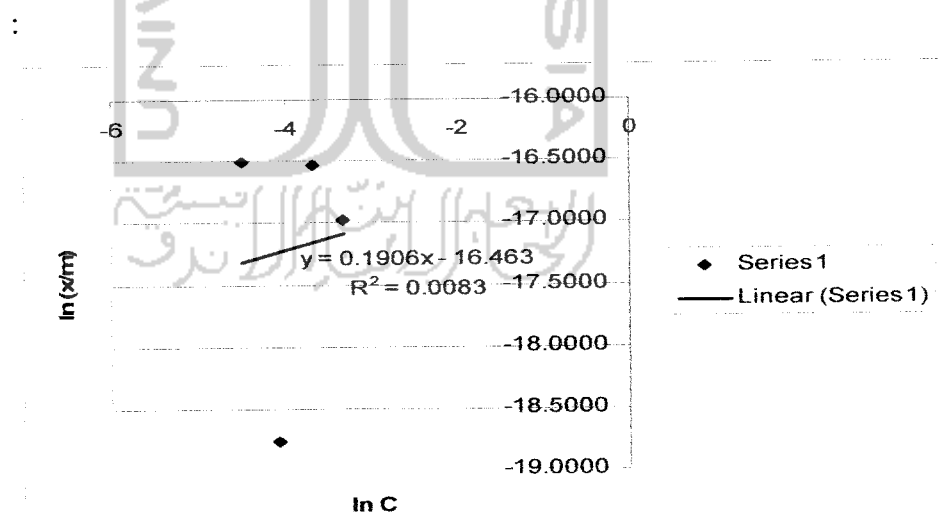
Dari grafik diatas diperoleh $1/n = 0.1977$ dan $\ln K = -17.395$ atau $K = 2.789E-8$, maka C hasil adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 4.37 dibawah ini :

Co (mg/L)	Berat Karbon (mg)	Ce (mg/L)	x/m	C model x/m = KC ^{1/n}	C hasil = (Ce - C model) ²
0.0402	100000	0.0301	0.000000051	0.0161	0.000197
0.0402	150000	0.0195	0.000000069	0.0147	0.000023
0.0402	200000	0.0098	0.000000076	0.0129	0.000009
0.0402	250000	0.0081	0.000000064	0.0124	0.000018

Tabel 4.38 Perhitungan Pb model Freundlich pengujian ke tiga (3)

No	Berat Karbon (mg) (m)	Volume Limbah (ml)	Konsentrasi Pb (mg/L) (C)	Massa Pb Teradsorpsi (mg) (x)	x/m (mg/mg)	ln (x/m)	ln C
1	0	500	0.0447	0	0	0	0
2	100000	500	0.0363	0.0042	0.000000042	16.9856	3.31594
3	150000	500	0.0251	0.0098	0.000000065	16.5438	3.68489
4	200000	500	0.0168	0.0014	0.000000007	18.7774	4.08638
5	250000	500	0.0111	0.0168	0.000000067	16.5156	4.50081

Dari Tabel 4.38 dapat diplot dalam Grafik persamaan Freundlich



Gambar 4.33 Grafik persamaan Freundlich Pb pengujian ke tiga (3)

Dari grafik diatas diperoleh $1/n = 0.01906$ dan $\ln K = -16.463$ atau $K = 7.083E-8$, maka C hasil adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 4.39 dibawah ini :

Co (mg/L)	Berat Karbon (gr)	Ce (mg/L)	x/m	C model x/m = $KC^{1/n}$	C hasil = $(Ce - C \text{ model})^2$
0.0447	100	0.0363	0.000000042	0.023055	0.000175
0.0447	150	0.0251	0.000000065	0.021490	0.000013
0.0447	200	0.0168	0.000000007	0.019907	0.000010
0.0447	250	0.0111	0.000000067	0.018395	0.000053

4.1.7.3 Isoterm BET Adsorpsi Konsentrasi Pb Pengujian pertama (1), ke dua (2) dan Ke tiga (3)

Model adsorpsi BET (Brunauer, Emmet, dan Teller) mengasumsikan bahwa di permukaan adsorben terakumulasi sejumlah lapisan adsorbat, sehingga disebut adsorpsi banyak lapisan (*multilayer*).

Untuk perhitungan model BET ini dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

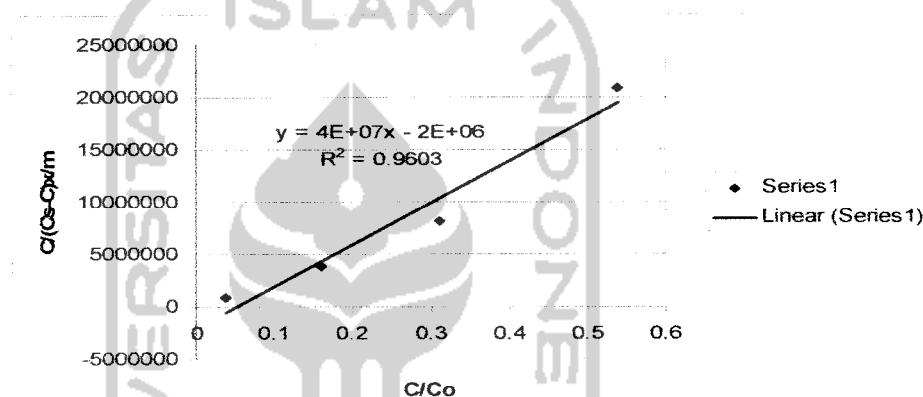
$$\frac{C}{x/m(Cs - C)} = \frac{1}{bqm} + \frac{(b-1)}{bqm} \left(\frac{C}{Cs} \right) \dots\dots\dots(\text{pers.4.12})$$

Untuk mencari grafik linier model BET, data percobaan laboratorium yang diperoleh diplot dengan $C/(Cs-C)x/m$ sebagai sumbu y dan C/cs sebagai sumbu x.

Tabel 4.40 Perhitungan Pb model BET pengujian pertama (1)

No	(m) (mg)	(C) (mg/L)	x (mg)	x/m (mg/mg)	Co	(Cs-C)	C/((Cs-C)x/m)	C/Co
1	0	0.0489	0	0	0	0	-	-
2	100000	0.0264	0.0113	0.000000113	0.0489	0.0113	20766961.65	0.539877
3	150000	0.0153	0.0168	0.000000112	0.0489	0.0168	8131377.551	0.312883
4	200000	0.0079	0.0205	0.000000103	0.0489	0.0205	3741416.055	0.161554
5	250000	0.0019	0.0235	0.000000094	0.0489	0.0235	860117.7003	0.038855

Dari Tabel 4.40 dapat diplotkan Grafik persamaan BET :



Gambar 4.34 Grafik persamaan BET Pb pengujian pertama (1)

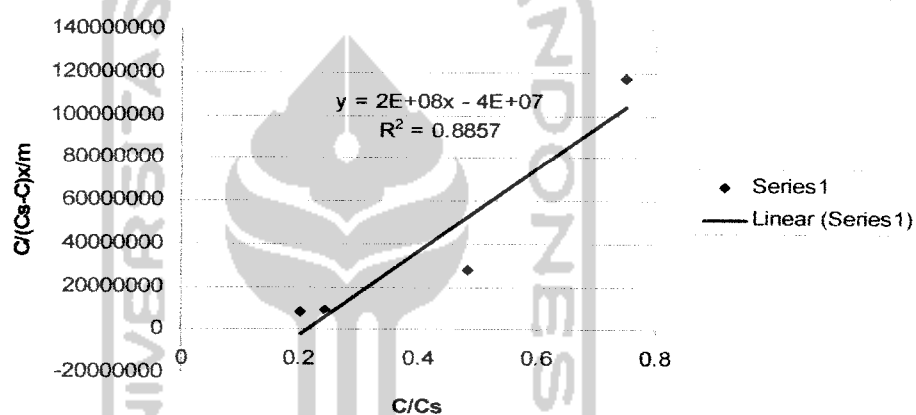
Dari grafik diatas diperoleh $(b-1)/bqm = 4E^7$ dan $1/bqm = -2E^6$, maka C hasil adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 4.41 dibawah ini :

Co (mg/L)	Berat Karbon (mg)	Ce (mg/L)	x/m	Cs-C	C model	C hasil = (Ce- Cmodel)^2
0.0489	100000	0.0264	0.000000113	0.0113	1.13E-10	0.00069696
0.0489	150000	0.0153	0.000000112	0.0168	1.12E-09	0.00023409
0.0489	200000	0.0079	0.000000103	0.0205	1.03E-09	6.241E-05
0.0489	250000	0.0019	0.000000094	0.0235	9.4E-10	3.61E-06

Tabel 4.42 Perhitungan Pb model BET pengujian ke dua (2)

No	(m) (mg)	(C) (mg/L)	x (mg)	x/m (mg/mg)	Co	(Cs-C)	$C/((Cs-C)x/m)$	C/Co
1	0	0.0402	0	0	0	0	-	-
2	100000	0.0301	0.00505	0.000000051	0.0402	0.00505	116870510.6	0.748756
3	150000	0.0195	0.01035	0.000000069	0.0402	0.01035	27305187.99	0.485075
4	200000	0.0098	0.0152	0.000000076	0.0402	0.0152	8483379.501	0.243781
5	250000	0.0081	0.01605	0.000000064	0.0402	0.01605	7885514.019	0.201493

Dari Tabel 4.42 dapat diplotkan Grafik persamaan BET :



Gambar 4.35 Grafik persamaan BET Pb pengujian ke dua (2)

Dari grafik diatas diperoleh $(b-1)/bqm = 2E^8$ dan $1/bqm = -$

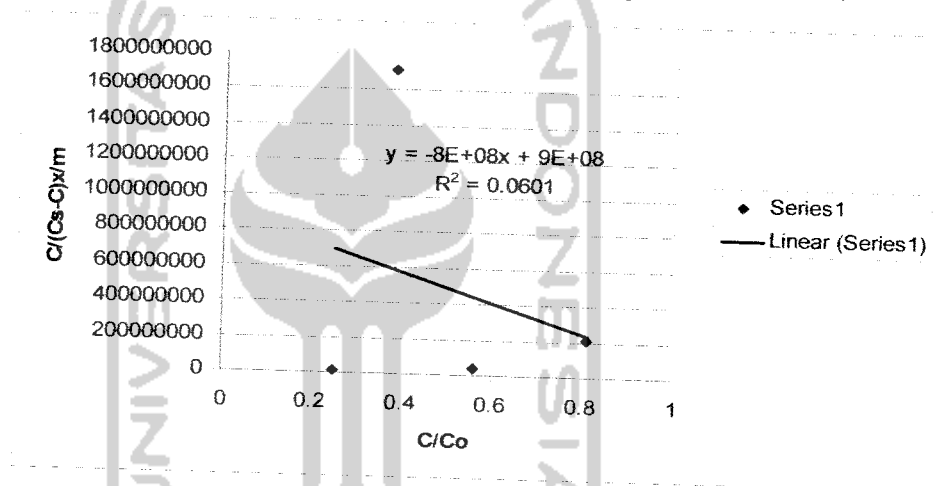
$4E^7$, maka C hasil adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 4.43 dibawah ini :

Co (mg/L)	Berat Karbon (mg)	Ce (mg/L)	x/m	Cs-C	C model	C hasil = (Ce-Cmodel) ²
0.0402	100000	0.0301	0.000000051	0.00505	5.10E-10	0.00090601
0.0402	150000	0.0195	0.000000069	0.01035	6.9E-10	0.00038025
0.0402	200000	0.0098	0.000000076	0.0152	7.6E-10	9.604E-05
0.0402	250000	0.0081	0.000000064	0.01605	6.4E-10	6.561E-05

Tabel 4.44 Perhitungan Pb model BET pengujian ke tiga (3)

No	(m) (mg)	(C) (mg/L)	X (mg)	x/m (mg/mg)	Co	(Cs-C)	C/((Cs-C) x/m)	C/Co
1	0	0.0447	0	0	0	0	-	-
2	100000	0.0363	0.0042	0.000000042	0.0447	0.0042	205782312.9	0.812081
3	150000	0.0251	0.0098	0.000000065	0.0447	0.0098	39403453.69	0.561521
4	200000	0.0168	0.0014	0.000000007	0.0447	0.0014	1714285714	0.375839
5	250000	0.0111	0.0168	0.000000067	0.0447	0.0168	9861407.249	0.248322

Dari Tabel 4.44 dapat diplotkan Grafik persamaan BET :



Gambar 4.36 Grafik persamaan BET Pb pengujian ke tiga (3)

Dari grafik diatas diperoleh $(b-1)/bq_m = -8E^8$ dan $1/bq_m =$

$9E^8$, maka C hasil adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 4.46 dibawah ini :

Co (mg/L)	Berat Karbon (mg)	Ce (mg/L)	x/m	Cs-C	C model	C hasil = (Ce-Cmodel) ²
0.0447	100000	0.0363	0.000000042	0.0042	4.20E-10	0.00131769
0.0447	150000	0.0251	0.000000065	0.0098	6.5E-10	0.00063001
0.0447	200000	0.0168	0.000000007	0.0014	7E-10	0.00028224
0.0447	250000	0.0111	0.000000067	0.0168	6.7E-10	0.00012321

4.2 Hasil Model Isoterm Langmuir, Freundlich dan BET Untuk COD dan Pb

Untuk sebuah model yang tepat untuk digunakan dalam perhitungan isoterm adalah model yang memiliki nilai perbandingan konsentrasi antara nilai konsentrasi awal dengan nilai konsentrasi model yang paling kecil dan dapat juga dilihat dari nilai koefisien korelasi (R^2) yang mendekati nilai 1.

4.2.1 Hasil Adsorpsi COD Model Langmuir, Freundlich dan BET

Hasil adsorpsi COD untuk pengujian pertama (1), pengujian ke dua (2) dan pengujian ke tiga (3) yang dimasukkan dalam model isoterm Langmuir, Freundlich dan BET, dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.47 Hasil isoterm adsorpsi COD pengujian pertama (1)

No	Berat Karbon (mg)	C Langmuir (mg/L)	C Freundlich (mg/L)	C BET (mg/L)
1	100000	18257.685	14531.049	14551.355
2	150000	10537.433	6863.99	6886.509
3	200000	15525.409	13565.517	13586
4	250000	11532.183	9580.925	9602.432

Adsorpsi konsentrasi COD pengujian pertama, didapatkan hasil yang maksimal pada berat karbon aktif 150000 mg dengan model isoterm Freundlich yaitu sebesar 6863.99 mg/L.

Tabel 4.48 Hasil isoterm adsorpsi COD pengujian ke dua (2)

No	Berat Karbon (mg)	C Langmuir (mg/L)	C Freundlich (mg/L)	C BET (mg/L)
1	100000	83468.988	1579.745	1579.744
2	150000	44236.185	1272.777	1272.777
3	200000	57463.761	5832.682	5832.683
4	250000	12526.982	1272.777	1272.777

Adsorpsi konsentrasi COD pengujian ke dua, didapatkan hasil yang maksimal pada berat karbon aktif 150000 dan 250000 dengan model Freundlich dan BET yaitu sebesar 1272.777 mg/L.

Tabel 4.49 Hasil isoterm adsorpsi COD pengujian ke tiga (3)

No	Berat Karbon (mg)	C Langmuir (mg/L)	C Freundlich (mg/L)	C BET (mg/L)
1	100000	18267.144	5045.403	5045.403
2	150000	576152.348	1309.282	1309.282
3	200000	241491.651	1809.907	1809.907
4	250000	154711.636	1897.561	1897.561

Adsorpsi konsentrasi COD pengujian ke tiga, didapatkan hasil yang maksimal pada berat karbon aktif 150000 mg dengan model Freundlich dan BET yaitu sebesar 1309.282 mg/L.

4.2.2 Hasil Adsorpsi Pb Model Langmuir, Freundlich dan BET

Hasil adsorpsi Pb untuk pengujian pertama (1), pengujian ke dua (2) dan pengujian ke tiga (3) yang dimasukkan dalam model isoterm Langmuir, Freundlich dan BET, dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.50 Hasil isoterm adsorpsi Pb pengujian pertama (1)

No	Berat Karbon (mg)	C Langmuir (mg/L)	C Freundlich (mg/L)	C BET (mg/L)
1	100000	0.981	0.04668	0.000697
2	150000	0.986	0.04738	0.000234
3	200000	0.845	0.04582	0.0000624
4	250000	0.713	0.03923	0.0000036

Adsorpsi konsentrasi Pb pengujian pertama, didapatkan hasil yang maksimal pada berat karbon aktif 250000 mg dengan model BET yaitu sebesar 0.0000036 mg/L.

Tabel 4.51 Hasil isoterm adsorpsi Pb pengujian ke dua (2)

No	Berat Karbon (mg)	C Langmuir (mg/L)	C Freundlich (mg/L)	C BET (mg/L)
1	100000	0.974	0.000197	0.000906
2	150000	1.84	0.000023	0.000380
3	200000	2.266	0.000009	0.000096
4	250000	1.608	0.000018	0.000065

Adsorpsi konsentrasi Pb pengujian ke dua, didapatkan hasil yang maksimal pada berat karbon 200000 yaitu sebesar 0.000009 mg/L.

Tabel 4.52 Hasil isoterm adsorpsi Pb pengujian ke tiga (3)

No	Berat Karbon (mg)	C Langmuir (mg/L)	C Freundlich (mg/L)	C BET (mg/L)
1	100000	94.823	0.000175	0.001312
2	150000	228.067	0.000013	0.00063
3	200000	2.599	0.00001	0.000282
4	250000	242.764	0.000053	0.000123

Adsorpsi konsentrasi Pb pengujian ke tiga, didapatkan hasil yang maksimal pada berat karbon aktif 150000 yaitu sebesar 0.000013 mg/L.

4.3 Analisa Hasil Penelitian COD, TSS dan Pb Untuk Pengolahan Limbah Laboratorium Kimia Terpadu Universitas Islam Indonesia

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan untuk pengujian pertama (1), pengujian ke dua (2) dan pengujian ke tiga (3). Pada pengujian pertama (1), untuk parameter COD didapatkan efesiensi sebesar 33.414 %, untuk parameter TSS didapatkan efesiensi sebesar 47.856 % dan untuk parameter Pb didapatkan efesiensi sebesar 73.67 %. Pada pengujian ke dua (2), untuk parameter COD didapatkan efesiensi sebesar 35.885 %, untuk parameter TSS didapatkan efesiensi sebesar 9.093 % dan untuk parameter Pb didapatkan efesiensi sebesar 58.02 %. Pada pengujian ke tiga (3), untuk parameter COD didapatkan efesiensi sebesar 34.083 %, untuk parameter TSS didapatkan efesiensi sebesar 24.09 % dan untuk parameter Pb didapatkan efesiensi sebesar 50.058 %.

Berdasarkan PP No.82 tahun 2001 kelas II tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, untuk parameter COD yang diizinkan sebesar 25 mg/L, untuk parameter TSS yang diizinkan sebesar 50 mg/L dan untuk parameter Pb yang diizinkan sebesar 0.03 mg/L. Hasil pengujian yang telah dilakukan untuk parameter COD pada pengujian pertama (1), ke dua (2) dan pengujian ke tiga (3), tidak terjadi penurunan konsentrasi seperti yang telah ditetapkan pada PP No.82 tahun 2001 kelas II yaitu sebesar 25 mg/L. Sama halnya dengan parameter COD, untuk parameter TSS berdasarkan berdasarkan hasil pengujian pertama (1), ke dua (2) dan pengujian ke tiga (3), juga belum didapatkan penurunan konsentrasi seperti yang telah ditetapkan oleh PP No.82 tahun

2001 kelas II yaitu sebesar 50 mg/L. Dan untuk parameter Pb, berdasarkan PP No.82 kelas II tahun 2001 untuk pengujian pertama (1) dapat dikatakan layak, karena hasil yang didapatkan tidak melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Sedangkan untuk pengujian ke dua (2) dan ke tiga (3) untuk parameter Pb hanya pada variasi berat karbon 100 gr, didapatkan hasil yang melebihi dari baku mutu yang telah ditetapkan yaitu sebesar 0.03 mg/l.

Secara garis besar untuk hasil dari penelitian ini dapat dijadikan salah satu alternatif sistem pengolahan limbah laboratorium kimia terpadu Universitas Islam Indonesia, tetapi masih terlalu banyak kekurangan yang ada pada penelitian ini. Diharapkan adanya penelitian lanjutan, sehingga didapatkan hasil yang lebih maksimal dalam sistem pengolahan limbah laboratorium. Dilihat dari sistem pengolahan yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu dengan menggunakan sistem *batch*, salah satu kekurangan dari penggunaan sistem *batch* adalah limbah yang dapat diolah dalam volume yang kecil dan tidak efisien.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian, hasil analisis dan pembahasan, dapat diambil beberapa kesimpulan yang berkaitan dengan penelitian ini, yaitu :

1. Hasil pengujian konsentrasi COD didapatkan efisiensi removal terbaik pada waktu kontak 1.5 jam yaitu sebesar 35.855 %. Untuk pengujian pertama (1) efisiensi removal terbaik pada variasi berat karbon 150 gr, pengujian ke dua (2) efisiensi removal terbaik pada variasi berat karbon 150 gr dan 250 gr dan untuk pengujian ke tiga (3) efisiensi removal terbaik pada variasi berat karbon 150 gr.
2. Hasil pengujian konsentrasi TSS didapatkan efisiensi removal terbaik pada waktu kontak 1 jam yaitu sebesar 47.856 %. Untuk pengujian pertama (1) efisiensi removal terbaik pada variasi berat karbon 250 gr, pengujian ke dua (2) efisiensi removal terbaik pada variasi berat karbon 250 gr dan untuk pengujian ke tiga (3) efisiensi removal terbaik pada variasi berat karbon 200 gr.
3. Hasil pengujian konsentrasi Pb didapatkan efisiensi removal terbaik pada waktu kontak 1 jam yaitu sebesar 73.67 %. Untuk pengujian pertama (1) efisiensi removal terbaik pada variasi berat karbon 250 gr, untuk pengujian ke dua (2) efisiensi removal terbaik pada variasi

berat karbon 250 gr dan untuk pengujian ke tiga (3) efesiensi removal terbaik juga pada variasi berat karbon aktif 250 gr.

4. Hasil Model isoterm adsorpsi yang menunjukkan nilai terkecil dan nilai yang mendekati nol untuk pengujian COD dan Pb adalah model isoterm Freundlich dan model isoterm BET, oleh karena itu Model isoterm Freundlich dan BET yang dapat digunakan.
5. Untuk alternatif pengolahan limbah laboratorium kimia terpadu Universitas Islam Indonesia sistem *batch* dengan media karbon aktif dapat dipergunakan.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disarankan hal-hal sebagai berikut :

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan sebagai alternatif pengolahan limbah laboratorium kimia terpadu Universitas Islam Indonesia.
2. Penelitian dengan metode adsorpsi ini perlu dilanjutkan dengan variabel penelitian yang berbeda, misalnya dengan variasi bahan karbon aktif, diameter partikel, media bed, temperatur, debit, pH dan lain-lain, sehingga diharapkan dapat melengkapi penelitian yang sudah dilakukan
3. Perlu penelitian lanjutan mengenai pengaruh variasi berat karbon dan variasi waktu kontak pada sistem *batch* dan untuk sistem kontinyu.

DAFTAR PUSTAKA

Alaerts G., dan S.S Santika., 1984, **Metode Penelitian Air**, Usaha Nasional, Surabaya, Indonesia

Anonim, 2001, **Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air**, www.ri.go.id

Anonim, 1998, **Arang Aktif dari Tempurung Kelapa**, Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmu, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, http://www.warintek.net/arang_aktif.htm

Benefield, L.D., Judkins Jr., J.F., Weand, B.L., 1982. **Process Chemistry For Water And Wastewater Treatment**, Prentice-Hall, Inc, New Jersey

Cheremisinoff, 1978, **Carbon Adsorption Hand Book**, Ann Orbon Science

Culp, R.L., and Culp, G., 1986, **Hand Book of Public Water system**, Mc Graw Hill, New York

Kent S.Knaebel, **Adsorption Research, Inc**, Dublin, Ohio, 43016

Metcalf and Eddy, 1991, **Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Resue 3rd Edition**, Mc Graw, inc., New York, USA

Palar H, 2004, **Pencemaran dan Toksiologi Logam Berat**, Rineka Cipta, Jakarta, Indonesia

Reynold, T. D, 1982, **Unit Operations and Process in Environmental Engineering**. Brooks/Cole Engineering Division Monterey, California

Slamet A dan Masduqi A, 2000, **Handbook Satuan Proses**, Jurusan Teknik Lingkungan, ITS, Surabaya, Indonesia

Supardi, Poernomo H dan Subiyanto H, 1998, **Penggunaan Arang Sebagai Penyerap Limbah Strontium Radioaktif Cair**, Jurnal Ilmiah STTL, Jogjakarta, Indonesia

Sukma T, 2005, **Penurunan Konsentrasi COD dalam Limbah Cair Laboratorium Terpadu UII dengan Filter Karbon aktif Tempurung Kelapa**, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Lingkungan, UII, Jogjakarta, Indonesia

Supranto, 1996, **Pemakaian Karbon Aktif Dalam Penyediaan Air Minum**, Jurnal Ilmiah STTL, Jogjakarta, Indonesia

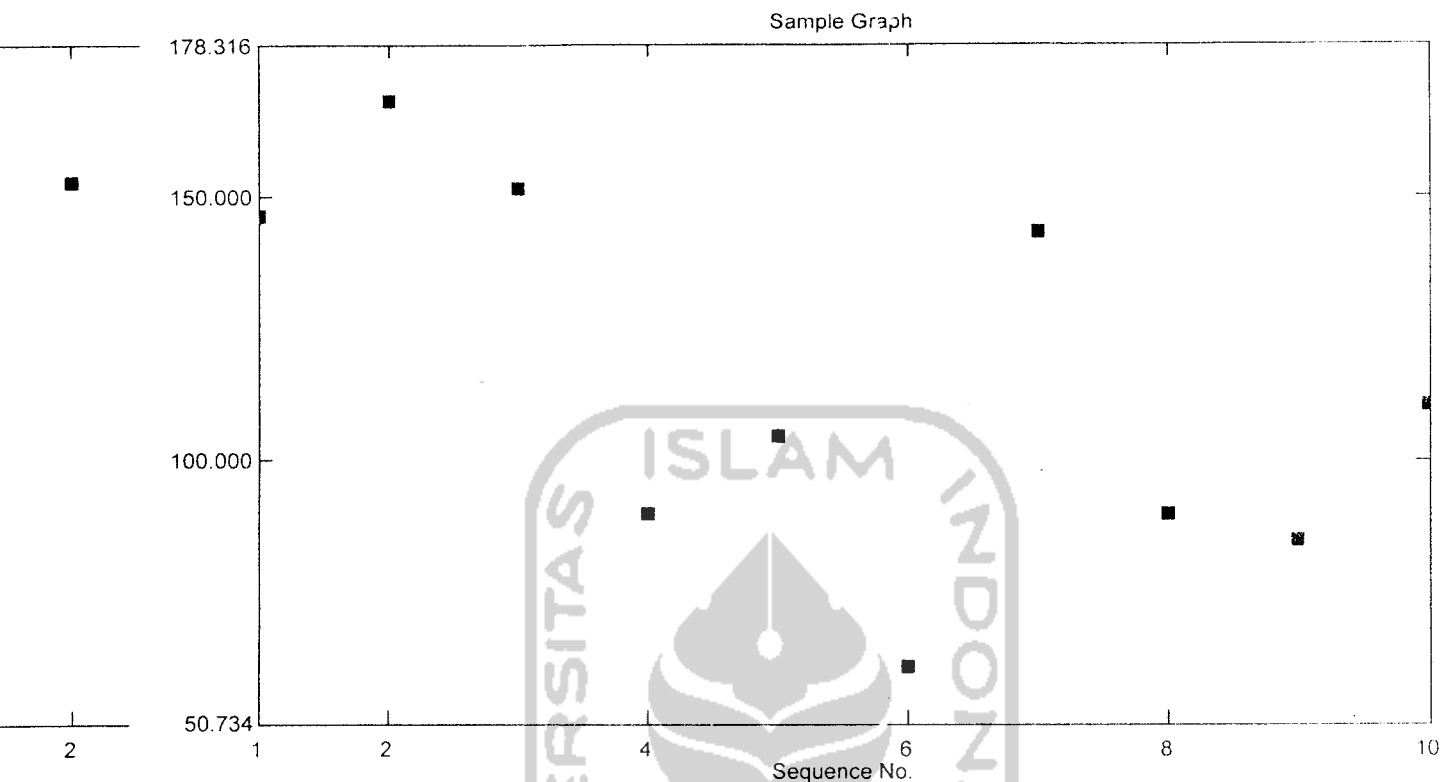
Tryana M S, dan Sarma T S, **Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatan)**, Jurnal Ilmiah, Jurusan Teknik Industri, USU, Medan, Indonesia



able Rimple Table Report

12/18/2006 01:25:27 PM

Program F Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVPProbe\Data\DEDE COD.pho



ple Table

Type	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600	Comments
Unknov	Awal 1	Unknown		✓ 146.319	0.032	
Unknov	Awal 2	Unknown		→ 167.684	0.037	
Unknov	100 1	Unknown		→ 151.406	0.033	
Unknov	100 2	Unknown		✓ 89.853	0.019	
Unknov	150 1	Unknown		→ 104.605	0.022	
Unknov	150 2	Unknown		✓ 61.365	0.012	
Unknov	200 1	Unknown		→ 143.266	0.031	
Unknov	200 2	Unknown		✓ 89.653	0.019	
Unknov	250 1	Unknown		✓ 85.274	0.017	
Unknov	250 2	Unknown		→ 110.710	0.024	

157,0015

120,6295

82,985

116,5595

97,992

HASIL PEERIKSAAN TIMBAL (Pb)

NO	KODE SAMPEL	HASIL PEMERIKSAAN (mg/L)		KETERANGAN
		I	II	
1	Sampel murni I	0,0465	0,0512	
2.	1 : 100 gram	0,0323	0,0204	
3	1 : 150 gram	0,0153	0,0153	
4	1 : 200 gram	0,0075	0,0082	
5	1 : 250 gram	0,0017	0,0021	
6	Sampel murni II	0,0417	0,0386	
7	2 : 100 gram	0,0321	0,0281	
8	2 : 150 gram	0,0211	0,0179	
9	2 : 200 gram	0,0089	0,0107	
10	2 : 250 gram	0,0088	0,0074	
11	Sampel murni III	0,0468	0,0425	
12	3 : 100 gram	0,0386	0,0340	
13	3 : 150 gram	0,0239	0,0262	
14	3 : 200 gram	0,0157	0,0179	
15	3 : 250 gram	0,0100	0,0122	

Yogyakarta 4 Januari 2007


 Yanti Purwaningsih, ST

PERATURAN

**PERATURAN PEMERINTAH NOMOR 82 TAHUN 2001
TANGGAL 14 DESEMBER 2001**

TENTANG

PENGELOLAAN KUALITAS AIR DAN PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR

Standar Mutu Air Berdasarkan Kelas

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETURANGAN
		I	II	III	IV	
SIKA						
temperatur	°C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 5	Deviasi Temperatur dari keadaan alamiah
residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	2000	
residu tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi ≤ 5000 mg/L

AMLIA ANORGANIK						
Kandungan		6-9	6-9	6-9	5-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	mg/L	2	3	6	12	
COD	mg/L	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total Fosfat sbg P	mg/L	0,2	0,2	1	5	
NO ₃ sebagai N	mg/L	10	10	20	20	

NH ₃ -N	mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka $\leq 0,02$ mg/L sebagai NH ₃
Arsen	mg/L	0,05	1	1	1	
Kobalt	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Boron	mg/L	1	1	1	1	
Selenium	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
Khrom (VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,01	
Tembaga	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Cu ≤ 1 mg/L
Besi	mg/L	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe ≤ 5 mg/L
Timbal	mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb $\leq 0,1$ mg/L
Mangan	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Air Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
Seng	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Zn ≤ 5 mg/L
Khlorida	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Sianida	mg/L	0,02	0,02	0,02	(-)	
Fluorida	mg/L	0,5	1,5	1,5	(-)	

Keterangan :

mg = miligram

ug = mikrogram

ml = militer

L = liter

Bq = Bequerel

MBAS = Methylene Blue Active Substance

ABAM = Air Baku untuk Air Minum

Logam berat merupakan logam terlarut

Nilai di atas merupakan batas maksimum, kecuali untuk pH dan DO.

Bagi pH merupakan nilai rentang yang tidak boleh kurang atau lebih dari nilai yang tercantum.

Nilai DO merupakan batas minimum.

Arti (-) di atas menyatakan bahwa untuk kelas termasuk, parameter tersebut tidak dipersyaratkan

Tanda £ adalah lebih kecil atau sama dengan

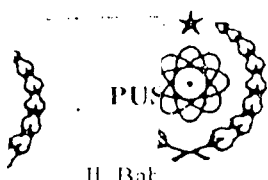
Tanda < adalah lebih kecil

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA

ttd.

MEGAWATI SOEKARNO PUTRI





LABORATORIUM KIMIA ANALITIK

PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI MAJU-BATAN

Terakreditasi sebagai Laboratorium Penguji (LP-119-IDN)

Jl. Babarsari Kotak Pos 1008, Yogyakarta, Indonesia Tel. (62) (0274) 515435, Fax (0274) 561824

Jl. Bat

ert/Uji

n-29/Sert/Uji

Nomor : 002/KA/II/04

Number

Halaman : 1 dari 3

Page

Sertifikat Pengujian

Test Certificate

Contoh

bah cair
padu
Kedok-

ibuat untuk
ertified for

: Rudy.Syahputra, M Si., FMIPA – UII Yogyakarta.

nis/Nama Contoh
pe/Name of sample

: Larutan limbah cair Lab. Terpadu FMIPA-Kedokteran UII

sal contoh
rigin of sample

: Rudy Syahputra, M.Si., FMIPA -- UII Yogyakarta.

umlah Contoh
mount of sample

: 4 (empat)

ode Contoh
ample Code

: 293/C/KA

arameter
arameters

: Pb, Na, Hg, K, Fe, Cu, Ca, Al, Ag, Amoniak, COD, BOD dan
O₂ terlarut

anggal Pengambilan Contoh
ample taken on

: 12 Januari 2004 (oleh UII)

anggal Penerimaan Contoh
ample received on

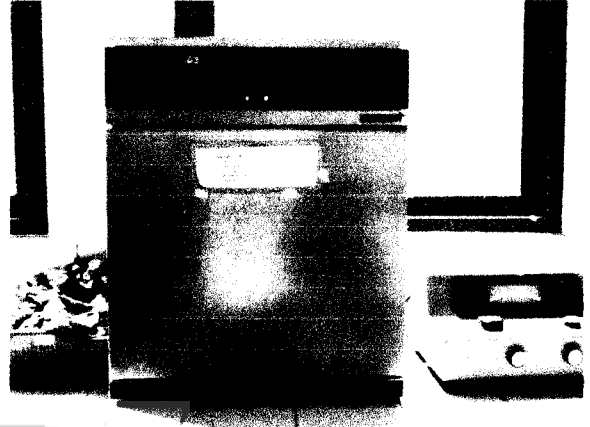
: 12 Januari 2004

anggal Pengujian Contoh
ample tested on

: 17 Januari 2004 dan 4 Februari 2004



Karbon Aktif & Reaktor Batch



Oven



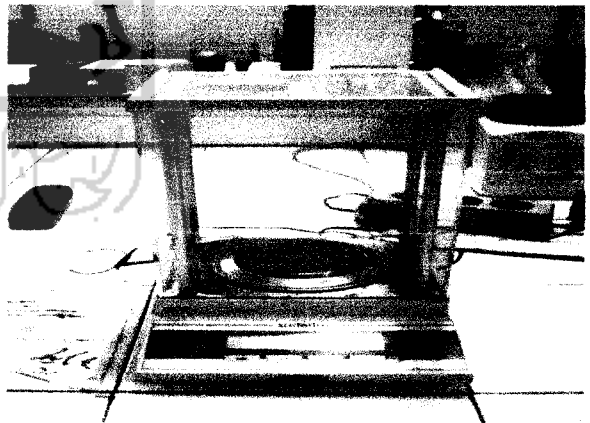
Kertas Saring Halus TSS



Spektrofotometer



Desikator



Timbangan Digital