

**PEMANFAATAN ABU LAYANG UNTUK MENURUNKAN
COD PADA AIR LIMBAH RUMAH TANGGA**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai
gelar Sarjana Sains (S. Si) Program Studi Kimia
pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia
Jogjakarta**



oleh :

TUTUN ERMA WATI

No Mhs : 98 612 013

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA**

2003

**PEMANFAATAN ABU LAYANG UNTUK MENURUNKAN
COD PADA AIR LIMBAH RUMAH TANGGA**

Oleh :
TUTUN ERMA WATI
No Mhs : 98612013

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Penguji Skripsi
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

Tanggal : 30 Juni 2003

Dewan Penguji

1. Rudy Syahputra, M.Si
2. Is Fatimah, M.Si
3. Dr. Eko Sugiharto
4. Riyanto, M.Si

Tanda tangan



Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia



(Jaka Nugraha, M.Si)

MOTTO

“Hidup Adalah Perjuangan “

“Allah Tidak Akan Menguji Manusia Sampai Melebihi Batas Kemampuannya”

“Berusaha Dan Berdoa Merupakan Kunci Utama Meraih Kesuksesan “

*“Allah Tidak Akan Merubah Nasib Seseorang Tanpa Orang Itu Mau Berusaha
Merubahnya “*

“Kegagalan Merupakan Awal Dari Keberhasilan Yang Tertunda “

PERSEMBAHAN



Skripsi Ini Aku Persembahkan Kepada :

Bapak dan Ibu Tercinta,

Kakak dan Adikku Tersayang,

Abang Jasmin tersayang,

Sahabatku Kimia Angkatan '98, Danang dan Yuni,

Sahabatku Shinto dan Dea,

Kawan-kawanku Gedong Kuning Hukum '98,

Teman-teman Kos Putri Azthanza KM 9,

Teman-teman HIMACITA Cilacap,

Terima Kasih Atas Doa, Dorongan, Dukungan, Cinta dan Kasih Sayang Yang

Kalian Barikan.

KATA PENGANTAR

Assalamu' alaikum Wr, Wb.

Segala puji bagi Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul *PEMANFAATAN ABU LAYANG UNTUK MENURUNKAN COD PADA AIR LIMBAH RUMAH TANGGA* sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

Pada kesempatan ini penyusun ingin menghaturkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Jaka Nugraha, M. Si, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
2. Bapak Dr. Eko Sugiharto, selaku pembimbing pertama yang telah memberikan pengarahan dari awal hingga akhir pelaksanaan tugas akhir ini.
3. Bapak Riyanto, M. Si, selaku Ketua Jurusan Kimia dan pembimbing kedua yang telah membantu dan membimbing penulis dengan sabar hingga selesainya penelitian ini.
4. Kepala Laboratorium Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Sewon Bantul Jogjakarta yang telah memberikan ijin dalam proses pengambilan sampel.
5. Kepala Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam beserta staf yang telah memberikan ijin untuk menggunakan

laboratorium MIPA Kimia dan banyak membantu dalam menyediakan fasilitas analisis yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian.

Akhir kata penulis hanya dapat berdo'a semoga amal baik mereka dapat diterima oleh Allah SWT, amien. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan, maka dari itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Untuk itu penulis menghaturkan banyak terima kasih.

Wassalamu' alaikum Wr, Wb.

Jogyakarta, 21 Mei 2003

Penulis

DAFTAR ISI

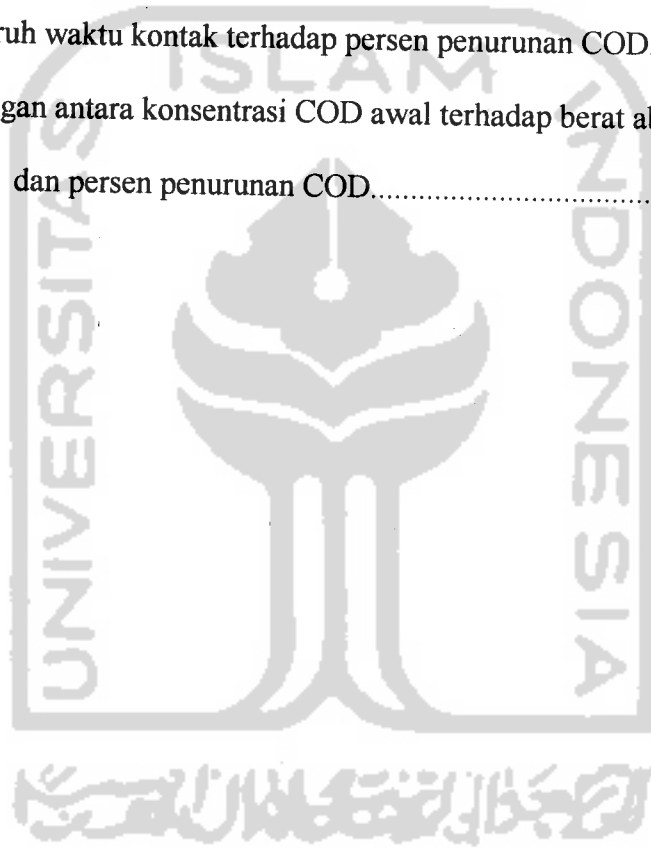
	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN MOTTO.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
INTISARI.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
BAB III. DASAR TEORI.....	6
3.1. Abu Layang.....	6
3.2. Komposisi Kimia Abu Layang.....	7

3.3. Definisi COD.....	8
3.4. Prinsip Analisa COD.....	9
3.5. Keuntungan, Kekurangan, Ketelitian, Pengambilan Sampel Pada COD.....	12
3.6. Teori Adsorpsi.....	13
3.7. Metode Titrimetri.....	16
3.8. Penyusunan Hipotesis.....	18
BAB IV. METODOLOGI PENELITIAN	
4.1. Alat dan Bahan.....	19
4.2. Sampel Yang Digunakan.....	20
4.3. Cara Kerja.....	20
4.3.1. Perlakuan Sampel.....	20
4.3.2. Pembuatan Reagen.....	20
a. Larutan standard $K_2Cr_2O_7$ 0,25 N.....	20
b. Asam sulfat.....	21
c. Indikator ferroin.....	21
d. Larutan standard FAS 0,1 N.....	21
4.3.3. Standardisasi Fero Amonium Sulfat (FAS).....	21
4.3.4. Analisis COD Mula-mula.....	21
4.3.5 Pengaruh Penambahan Abu Layang Terhadap Pe- nurunan COD.....	22
4.3.6 Optimasi Kondisi Percobaan.....	23
a. Optimasi Berat adsorben.....	23

b. Optimasi pH.....	23
c. Optimasi Waktu Kontak.....	23
d. Hubungan Antara Konsentrasi COD Awal Terhadap Berat Abu Layang dan Persen Penurunan COD.....	24
BAB V. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	25
5.1. Hasil Standardisasi Fero Amonium Sulfat (FAS).....	25
5.2 Hasil Analisis COD Mula-mula.....	26
5.3 Hasil Optimasi Kondisi Percobaan.....	26
5.3.1 Hasil Optimasi Berat Adsorben.....	26
5.3.2 Hasil Optimasi pH.....	28
5.3.3 Hasil Optimasi Waktu Kontak.....	29
5.3.4 Hasil Hubungan Antara Konsentrasi COD Awal Terhadap Berat Abu Layang dan Persen Penurunan COD.....	31
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....	33
6.1. Kesimpulan.....	33
6.2. Saran.....	33
DAFTAR PUSTAKA.....	35
LAMPIRAN.....	37

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Pengaruh berat abu layang terhadap persen penurunan COD	27
Gambar 2. Pengaruh pH terhadap persen penurunan COD.....	28
Gambar 3. Pengaruh waktu kontak terhadap persen penurunan COD....	30
Gambar 4. Hubungan antara konsentrasi COD awal terhadap berat abu layang dan persen penurunan COD.....	31



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Perbandingan rata-rata angka BOD/ COD untuk beberapa jenis air.....	9
Tabel 2. Jenis zat-zat yang tidak atau dapat dioksidasi melalui tes COD dan BOD.....	9



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Analisis Kimia Fisik Air Limbah rumah tangga.....	38
Lampiran 2. Baku Mutu Air Limbah Berdasarkan Surat Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Kep-03/MENKLH/II/1991.....	39
Lampiran 3. Keputusan Gubernur Kepala Daerah Istimewa Jogjakarta No 28/ KPTS/ 1991 tentang : Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri dan Kegiatan Usaha Lain.....	41
Lampiran 4. Karakterisasi Dari Abu Layang.....	43
Lampiran 5. Ciri Khas Kimia Dari Abu Layang Batu Bara.....	44
Lampiran 6. Data Perhitungan Standardisasi Fero Amonium Sulfat (FAS).....	45
Lampiran 7. Data Perhitungan Optimasi Berat Abu Layang, pH, Wak- tu Kontak dan Hubungan Antara Konsentrasi COD Awal Terhadap Berat Abu Layang dan Persen Penurunan COD.....	46
Lampiran 8. Data Perhitungan Persen Penurunan COD Pada Optimasi Berat Abu Layang, pH, Waktu Kontak, Hubungan Antara Konsentrasi COD Awal Terhadap Berat Abu Layang dan Persen Penurunan COD.....	60

PEMANFAATAN ABU LAYANG UNTUK MENURUNKAN COD PADA AIR LIMBAH RUMAH TANGGA

Tutun Erma Wati

No Mhs : 98 612 013

INTISARI

Telah dilakukan pemanfaatan abu layang untuk menurunkan COD pada air limbah rumah tangga yang diambil dari Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga (IPAL), Sewon Bantul D.I Jogjakarta.

Pengujian dilakukan dengan metode titrimetri, menggunakan larutan $K_2Cr_2O_7$ sebagai oksidator, larutan Ag_2SO_4 sebagai katalisator, 1,10-fenantrolin monohidrat sebagai indikator dan dititrasi menggunakan larutan fero amonium sulfat (FAS). Dilakukan beberapa optimasi yaitu optimasi berat abu layang, pH, waktu kontak dalam larutan. Dalam penelitian ini, dilakukan dengan 4 perbedaan konsentrasi COD awal.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum untuk beberapa proses dihasilkan pada berat abu layang 5 gram, pH 4, dan waktu kontak 240 menit. Perlakuan semua kondisi optimum tersebut dengan 4 perbedaan konsentrasi COD awal (A, B, C, D) dengan berat yang berbeda telah menurunkan COD, persen penurunan A (82,051 %), B (83,544 %), C (84,337 %), dan D (87,356%).

Kata kunci : Abu layang, COD, Air limbah rumah tangga, pH, Waktu kontak.

THE USE OF FLY ASH TO DECREASE COD IN THE WASTEWATER

Tutun Erma Wati

No Mhs : 98 612 013

ABSTRACT

The research of fly ash used to decrease COD in the public wastewater obtained from Installation of Public Wastewater Removal (IPAL) Sewon Bantul, DIY was carried out.

The determination of COD concentration was done by titrimetric method using $K_2Cr_2O_7$ solution as oxidator, Ag_2SO_4 as catalitic agent and 1,10-fenantrolin monohidrat as indicator, then it was leaded to titration with fero amonium sulfat (FAS). The vary optimum conditions are weight of fly ash, pH, contact time to solution. In this research was done with four different initial COD concentration.

The result show that the optimum condition for all process was obtained at 5 gram of fly ash, pH of 4, and 240 minutes of contact time respectivcly. The treatment of all optimum condition with varied 4 initial concentration (A, B, C, D) and with different weight of fly ash had decreased COD concentration. The decreasing presentage of A is 82,051 %, B is 83,544 %, C is 84,337 % and D is 87,356 %.

Key words : Fly ash, COD, Wastewater, pH, Contact time to solution.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran air oleh bahan kimia organik dan anorganik merupakan permasalahan yang serius. Pada perkembangan dewasa ini, hal yang sering terabaikan adalah pencemaran air yang berasal dari rumah tangga. Air limbah rumah tangga mempunyai karakteristik yang berbeda dengan limbah industri. Dalam air limbah rumah tangga, bahan organik lebih mendominasi akibat proses yang berkaitan dengan makanan, mencuci lantai, pakaian, perabot, binatang dan kotoran kamar mandi. Kandungan senyawa organik air limbah rumah tangga secara tradisional diukur melalui parameter seperti COD, BOD, TOC. Parameter ini tidak menunjukkan identifikasi secara kimia terhadap bahan organik.

Beberapa teknologi konvensional dikembangkan untuk mengolah air limbah rumah tangga yang terkontaminasi bahan organik. Sejak saat itu, proses adsorpsi menjadi metode yang paling efektif. Adsorpsi sebagai proses pengolahan air limbah rumah tangga memiliki daya tarik yang luar biasa pada saat ini. Beberapa alternatif yang dapat dijadikan sebagai adsorben seperti, karbon aktif, abu layang, batu bara kayu, serbuk gergaji dan lain-lain yang memiliki karakteristik adsorpsi telah banyak diteliti secara luas untuk mengolah material yang sukar diolah dengan tingkat keberhasilan yang bervariasi (Pandey, 1985).

Abu layang merupakan residu (sisa) hasil pembakaran batu bara dalam tungku yang kuat. Keberadaan abu layang jumlahnya cukup besar di Indonesia.

Keuntungan yang didapat pada pengolahan COD dengan menggunakan abu layang dibandingkan dengan metode pengolahan secara kimia yang lain adalah kelimpahannya yang besar dan mudah digunakan, menjadikan pilihan terbaik dalam upaya pengolahan COD. Keuntungan lain adalah dapat dikeraskan setelah bahan pencemar terserap karena abu layang mengandung partikel pozzolan (lempung/silika) yang bereaksi dengan kapur dalam air, dengan membentuk kalsium-silika hidrat.

Sebagai limbah, abu layang kurang bernilai ekonomis. Selain itu karena sifat dari abu layang mudah terbang dan bertebaran sehingga akan sangat mengganggu lingkungan. Sehingga apabila dilakukan pemanfaatan abu layang sebagai adsorben selain merupakan pengembangan metode adsorpsi untuk menurunkan COD dan sebagai sumbangan pemikiran dalam mengatasi masalah limbah, juga dapat meningkatkan nilai ekonomis dari abu layang tersebut.

Melihat beberapa alternatif seperti di atas maka akan dilakukan penelitian tentang abu layang yang digunakan untuk menurunkan COD yang berasal dari air limbah rumah tangga yang diambil dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), Sewon Bantul, Jogjakarta. Studi yang dilakukan sebagai parameter yang terkait dengan adsorpsi adalah optimasi berat adsorben, optimasi pH, optimasi waktu kontak dan hubungan antara konsentrasi COD awal terhadap berat abu layang dan persen penurunan COD.

1.2 Rumusan Masalah

Seberapa besar persen penurunan COD dengan penambahan abu layang yang dilakukan melalui beberapa optimasi antara lain berat abu layang, pH, waktu kontak dan hubungan antara konsentrasi COD awal terhadap berat abu layang dan persen penurunan COD pada limbah rumah tangga yang diambil dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), Sewon Bantul D.I Jogjakarta ?.

1.3 Tujuan Penelitian

Meneliti besarnya persen penurunan COD dengan penambahan abu layang yang dilakukan melalui beberapa optimasi antara lain berat abu layang, pH, waktu kontak dan hubungan antara konsentrasi COD awal terhadap berat abu layang dan persen penurunan COD pada air limbah rumah tangga yang diambil dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), Sewon Bantul D.I Jogjakarta.

1.4 Manfaat Penelitian

Adanya penelitian ini diharapkan membawa manfaat bahwa :

Dapat memanfaatkan abu layang sebagai alternatif untuk menurunkan COD yang dilakukan melalui beberapa optimasi antara lain berat abu layang, pH, waktu kontak dan hubungan antara konsentrasi COD awal terhadap berat abu layang dan persen penurunan COD pada air limbah rumah tangga yang diambil dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), Sewon Bantul D.I. Jogjakarta.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Telah banyak dilakukan penelitian mengenai abu layang oleh para ilmuwan seperti Johnson (1965), Deb (1966), Gupta (1986 dan 1990), Mott dan Weber (1992), Viraraghavan dan Alfro (1994), yang telah menjelaskan pemanfaatan abu layang sebagai adsorben untuk mengolah berbagai senyawa organik dan zat warna yang terdapat dalam air limbah (Sahu, 2002).

Pada tahun 1985, ilmuwan bernama Pandey melakukan pengolahan tembaga yang berasal dari air limbah menggunakan abu layang sebagai adsorben. Berkembang pada tahun 1990, tidak berbeda dengan Pandey, ilmuwan bernama Gupta menggunakan abu layang untuk menghilangkan zat warna khrom dalam air. Selain itu untuk tujuan yang sama Gupta juga telah memanfaatkan arang kayu dan lempung Cina sebagai adsorben, dan hasil penelitian Gupta menunjukkan adsorben-adsorben itu relatif baik. Gupta juga menemukan bahwa campuran antara abu layang dan batu bara (1:1) dapat menyamai karbon aktif. Di samping itu, beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa abu layang dapat digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan fenolat, oksalat, dan ion-ion logam berat seperti As, Cu, Cr, Mn, Zn, dan Ni.

Para ilmuwan menyimpulkan bahwa abu layang memiliki kapasitas adsorpsi yang signifikan untuk mengadsorpsi senyawa organik dalam air. Dilaporkan bahwa kandungan karbon abu layang telah melakukan peranan yang dominan dalam proses adsorpsi senyawa organik dengan menggunakan abu layang. Kapasitas adsorpsinya

meningkat sebanding dengan banyaknya kandungan karbon dalam abu layang. (Banerjee, 1995).

Menurut Fisher dkk (1976) unsur-unsur transisi yang terkandung dalam abu layang seperti Mn, Ni, Fe, Co dapat dipergunakan sebagai katalis. Heaton (1987) usaha pemanfaatan abu layang di New South Wales menunjukkan bahwa 95 % mineral abu layang dikonsumsi untuk industri semen dan batu bata, 4,5 % digunakan untuk filler aspal dan lebih kecil dari 0,5 % untuk penggunaan yang lain (Khunur, 1995).

Selain itu abu layang juga banyak dimanfaatkan dalam bidang-bidang yang lain. Dalam bidang pertanian misalnya, abu layang sering digunakan untuk memperbaiki kondisi tanah. Secara umum abu layang dapat dikatakan sebagai bahan yang memperkaya mikroelemen dalam tanah pertanian. Di samping itu, abu layang sering juga dimanfaatkan untuk pembuatan batu bata, sebagai pengisi campuran aspal, isolasi panas, penghilangan bau limbah binatang dan lain-lain. (Kunarti dan Wahyuni, 1997).

BAB III

DASAR TEORI

3.1 Abu Layang

Abu layang adalah abu yang dihasilkan dari pembakaran batu bara, yaitu berupa serbuk yang halus dengan ukuran 1-100 μm yang terbawa oleh gas buang dan apabila tidak dilewatkan pada prespitor elektrostatis akan beterbangan di atmosfer (Kunarti dan Wahyuni, 1997).

Secara umum abu layang juga dapat didefinisikan sebagai mineral amorf ferro alumino silikat yang memiliki kandungan unsur-unsur natrium(Na), kalium(K), magnesium(Mg) dan kalsium(Ca) dalam jumlah besar. Kandungan unsur-unsur dalam abu layang tergantung pada jenis batu bara yang digunakan. Contoh, abu layang hasil dari pembakaran batu bara bituminous, kandungan kalsiumnya lebih sedikit dibandingkan dengan abu layang hasil dari pembakaran batu bara sub-bituminous atau batu bara lignit. Abu layang hasil pembakaran batu bara bituminous atau sub bituminous memiliki kandungan terbanyak silika dan alumina, sedangkan kandungan belerang dan karbon dalam jumlah yang rendah.

Batu bara yang kandungan belerangnya tinggi menghasilkan limbah abu layang dengan pH rendah, sedangkan batu bara lignit yang kandungan belerangnya lebih sedikit tetapi kalsium dan magnesium lebih banyak menghasilkan pH tinggi. Data American Society For Testing (ASTM) menunjukkan bahwa abu layang yang mengandung sedikit unsur kalsium dikategorikan jenis abu layang kelas F dan

kategori jenis abu layang klas C adalah abu layang yang banyak mengandung unsur kalsium (Khunur, 1995).

3.2 Komposisi Kimia Abu Layang

Komposisi kimia abu layang terutama tersusun dari senyawa silikat, alumina, besi, kalsium, dan senyawa-senyawa magnesium, titanium, natrium, kalium. Komponen kimia unsur-unsur utama abu layang dapat dibedakan menjadi tiga bagian, yaitu oksida logam asam (SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2), oksida logam basa (Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O dan Na_2O), dan unsur-unsur lain (P_2O_5 , O_3 , dan lain-lain (Kunarti dan Wahyuni, 1997).

Menurut Adriano dkk (1980) kandungan unsur-unsur dalam abu layang seperti Al, Fe dan Si terdapat dalam jumlah besar. Sedangkan Ca, K, Na, P, Ti, dan S termasuk unsur dalam jumlah kecil. Adriano dkk (1980) menunjukkan bahwa kandungan unsur-unsur dalam abu layang yang mudah menguap seperti Hg, Se, Sb, As, Cl, F, dan I terbuang ke atmosfer. Dari hasil pembakaran batu bara diketahui bahwa jumlah Hg yang terbuang ke atmosfer adalah sekitar 97 %.

Kandungan unsur lain dalam abu layang dipergunakan oleh tumbuhan sebagai nutrien, kecuali unsur nitrogen. Unsur nitrogen dan karbon biasanya terdapat dalam abu layang tetapi jumlahnya tidak terlalu besar karena telah teroksidasi selama proses pembakaran walaupun kandungan karbon dalam abu layang mencapai kira-kira 30 %. Untuk lebih jelasnya komposisi kimia dari abu layang dapat dilihat pada lampiran 4.

3.3 Definisi COD

Definisi dari Chemical Oxygen Demand (COD) atau Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK) adalah jumlah oksigen (mg O_2) yang dibutuhkan dalam kondisi uji tertentu untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam satu liter sampel air. (Anonim, 1981).

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air. Analisis COD ini dapat digunakan untuk pengolahan limbah rumah tangga maupun limbah industri kimia yang mengandung senyawa organik.

Dalam kasus tertentu COD dapat dikaitkan dengan BOD (Biological Oxygen Demand), karbon organik atau bahan organik. Biological Oxygen Demand (BOD) atau Kebutuhan Oksigen Biologis (KOB) adalah suatu analisa empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi di dalam air, sedangkan angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasikan) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air. (Alaerts dan Santika, 1984).

Uji pengukuran oksigen pada COD maupun BOD digunakan untuk mengetahui dan mengontrol hubungan parameter tersebut. Perbandingan antara angka COD dengan angka BOD dapat ditetapkan, hal ini dapat dicantumkan dalam data sebagai berikut :

Tabel 1. Perbandingan rata-rata angka BOD₅/ COD untuk beberapa jenis air

No	Jenis air	BOD ₅ / COD
1.	Air buangan domestik (penduduk)	0,40 – 0,60
2.	Air buangan domestik setelah pengendapan primer	0,60
3.	Air buangan domestik setelah pengolahan secara biologis	0,20
4.	Air sungai	0,10

Sumber : Alaerts dan Santika (1984)

Tidak semua zat-zat organis dalam air buangan maupun air permukaan dapat dioksidasikan melalui tes COD maupun BOD. Tabel berikut menunjukkan jenis zat organis/ inorganis yang tidak atau dapat dioksidasikan melalui tes COD dan BOD.

Tabel 2. Jenis zat-zat yang tidak atau dapat dioksidasi melalui tes COD dan BOD

Jenis zat organis/ inorganis	Dapat dioksidasi melalui tes	
	COD	BOD
Zat organis yang biodegradable (protein, gula)	X	X
Selulosa	X	-
N organis yang biodegradable	X	X
N organis yang non-biodegradable	X	-
NH ₄ bebas (nitrifikasi)	-	X ^b
Hidrokarbon aromatik dan rantai	X ^c	-

Sumber : Alaerts dan Santika (1984)

Keterangan :

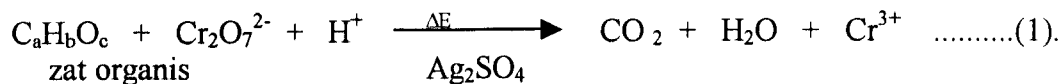
- ^a Biodegradable : dapat dicerna/ diuraikan
- ^b Mulai setelah 4 hari, dan dapat dicegah dengan pembubuhan inhibitor
- ^c Dapat dioksidasikan karena adanya katalisator Ag₂SO₄

3.4 Prinsip Analisa COD

Sebagian besar zat organis melalui tes COD ini dioksidasi oleh larutan K₂Cr₂O₇ dalam keadaan asam yang mendidih. Metode refluks menggunakan oksidator K₂Cr₂O₇ dipilih sebagai metode yang lebih baik dari yang lain karena

kemampuan oksidasinya yang cepat dan dapat diterapkan pada sampel yang beragam.

Adapun reaksi yang terjadi adalah :



Secara teoritis, seluruh senyawa organik teroksidasi 95-100 %. Senyawa yang dapat menghambat reaksi oksidasi seperti piridin dan senyawa-senyawa lain yang sejenis serta senyawa organik yang mudah menguap akan teroksidasi hanya bila mengalami kontak atau bersentuhan dengan oksidator. Amoniak yang terdapat dalam limbah atau yang berasal dari senyawa organik yang mengandung nitrogen tidak teroksidasi bila tidak ada ion klorida bebas dalam konsentrasi tinggi.

Selama reaksi yang berlangsung kurang lebih dua jam, uap yang terjadi direfluks dengan alat kondensor, hal ini diupayakan agar zat volatil organis tidak lenyap ke luar. Senyawa alifatik dengan rantai lurus yang mudah menguap (volatil) hanya teroksidasi sebagian kecil saja karena tidak mengalami kontak langsung dengan oksidator dalam cairan. Senyawa tersebut dapat teroksidasi secara lebih efektif apabila ditambahkan katalis berupa Ag_2SO_4 . Senyawa Ag_2SO_4 bereaksi dengan klorida, bromida dan iodida untuk menghasilkan endapan yang hanya sebagian saja yang mengalami oksidasi. Kesulitan mengalami oksidasi karena tidak adanya halida yang dapat mempermudah oksidasi melalui pembentukan kompleks dengan HgSO_4 sebelum proses refluks walaupun tidak secara keseluruhan. (Greenberg dkk., 1981).

Kadar klorida(Cl^-) di dalam sampel dapat mengganggu bekerjanya katalisator Ag_2SO_4 , dan pada keadaan tertentu ikut teroksidasi oleh dikromat, sesuai reaksi di bawah ini :



Gangguan ini dihilangkan dengan penambahan HgSO_4 pada sampel, sebelum penambahan reagen lainnya. Ion merkuri bergabung dengan ion klorida membentuk merkuri klorida, reaksinya sebagai berikut :

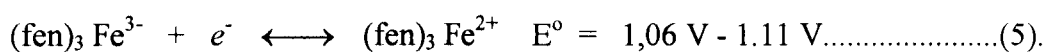


Dengan adanya ion Hg^{2+} ini, konsentrasi ion Cl^- menjadi sangat kecil dan tidak mengganggu oksidasi zat organis dalam tes COD.

Untuk memastikan bahwa hampir semua zat organis habis teroksidasi maka zat pengoksidasi $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ masih harus tersisa sesudah direfluks. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ yang tersisa di dalam larutan tersebut digunakan untuk menentukan berapa oksigen yang telah terpakai. Sisa $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ tersebut ditentukan melalui titrasi dengan ferro amonium sulfat, dimana reaksi yang berlangsung adalah sebagai berikut :



Untuk menentukan titik akhir titrasi yaitu saat perubahan warna menggunakan indikator 1,10-fenantrolin monohidrat. Indikator ini mempunyai potensial oksidasi pada harga antara potensial larutan yang dititrasi dan penitrannya sehingga memberikan titik akhir yang jelas (Khopkar, 1990).



biru

merah

Analisis COD dengan metode tersebut dapat digunakan untuk mengukur harga atau nilai COD dalam ukuran mulai dari 50 sampai dengan 800 ppm, dapat juga digunakan untuk konsentrasi yang lebih tinggi lagi dalam sampel-sampel tertentu dan modifikasi tertentu.

3.5 Keuntungan, Kekurangan, Ketelitian, Pengambilan Sampel Pada COD

a. Keuntungan tes COD dibandingkan dengan tes BOD

Analisa COD hanya memakan waktu kurang lebih 3 jam, sedangkan analisa BOD memerlukan 5 hari. Untuk menganalisa COD antara 50 sampai 800 mg/l, tidak dibutuhkan pengenceran sampel sedang pada umumnya analisa BOD selalu membutuhkan pengenceran. Ketelitian dan ketepatan tes COD adalah 2 sampai 3 kali lebih tinggi dari tes BOD. Gangguan dari zat yang bersifat racun terhadap mikro-organisme pada tes BOD, tidak menjadi soal pada tes COD.

b. Kekurangan

Tes COD hanya merupakan suatu analisa yang menggunakan suatu reaksi oksidasi kimia yang menirukan oksidasi biologis yang sebenarnya terjadi di alam, sehingga merupakan suatu pendekatan saja. Karena hal tersebut di atas maka tes COD tidak dapat membedakan antara zat-zat yang sebenarnya tidak teroksidasi zat-zat yang teroksidasi secara biologis.

Sedangkan kekurangan tes COD yang lain adalah tes COD tidak dapat meruraikan hidrokarbon aromatik dan piridin, tetapi tes COD ini mencakup sejumlah besar keragaman bahan organik.

c. Ketelitian

Penyimpangan baku antar laboratorium adalah 13 mg O₂/ L. Penyimpangan maksimum dari hasil analisa dalam suatu laboratorium sebesar 5 % masih diperkenankan.

d. Pengambilan Sampel

Pada pengambilan dan pengawetan sampel dapat menggunakan botol kaca. Apabila menggunakan botol plastik harus bersih dari zat-zat organik yang mungkin masih tersisa di dalamnya.

Sampel yang mengandung lumpur harus dikocok sampai merata sebelum dianalisa, karena lumpur juga terdiri dari zat-zat organik yang harus dioksidasikan dalam tes COD untuk mendapatkan angka COD yang benar. Sampel yang tidak stabil yaitu sampel yang mempunyai kadar bakteri atau Fe²⁺ tinggi, harus segera dianalisa.

3.6 Teori Adsorpsi

Menurut Oscik (1982) adsorpsi adalah peristiwa penyerapan suatu zat baik berupa gas ataupun zat cair pada permukaan adsorben yang disebabkan oleh gaya tarik antar molekul atau interaksi kimia atau suatu akibat dari medan gaya pada permukaan padatan (adsorben) yang menarik molekul gas/uap atau cairan (Mahatmanti, 2001). Zat padat dapat digunakan sebagai adsorben apabila memiliki struktur yang berpori, atau kerangka struktural kimiawi senyawa padatan tersebut memiliki sisi aktif yang mampu berinteraksi dengan adsorbat.

Adsorpsi dapat diklasifikasikan menjadi dua macam, yaitu adsorpsi kimia dan adsorpsi fisika. Dalam adsorpsi kimia terjadi apabila terdapat ikatan kimia antara

molekul adsorbat dengan molekul adsorben. Ikatan yang terjadi pada adsorpsi kimia melibatkan ikatan kovalen dengan sumbangan gaya-gaya ionik, molekul adsorbat dan adsorben membentuk sistem homogen. Panas yang dibebaskan pada adsorpsi kimia cukup besar dan lapisan adsorbat yang terbentuk umumnya hanya terdiri dari satu lapis. Berbeda dengan adsorpsi fisika, dalam adsorpsi fisika panas yang dibebaskan relatif kecil, adsorpsi ini bersifat reversibel dan dapat membentuk lapisan adsorbat dengan ketebalan beberapa lapis molekul. Adsorpsi fisika energi adsorpsinya rendah (< 20 kJ/ mol), sedangkan adsorpsi kimia energi adsorpsinya lebih tinggi (> 20 kJ/ mol). Adsorpsi fisika melibatkan gaya antar molekul (gaya van der Waals, ikatan hidrogen, dsb), panas adsorpsinya rendah, zat yang diadsorpsi relatif mudah dilepaskan, sangat reversibel, memungkinkan terjadi adsorpsi pada temperatur yang sama, ketebalan lapisan yang diadsorpsi lebih besar dari diameter adsorbat. Sedangkan adsorpsi kimia melibatkan ikatan koordinasi yang merupakan hasil penggunaan elektron bersama antara adsorben dengan adsorbat (Mahatmanti, 2001).

Adsorpsi terjadi pada permukaan padatan sebagai akibat gaya-gaya valensi atau gaya-gaya atraktif lainnya dari atom-atom atau molekul-molekul pada permukaan padatan. Di dalam padatan, atom atau molekul tersebut menerima gaya tarik yang seimbang dari atom-atom atau molekul-molekul di sekitarnya. Tetapi gaya tarik yang dialami tidak sama kesegala arah, sehingga sebagai kompensasinya atom-atom atau molekul-molekul tersebut bersifat adsorptif terhadap adsorbat.

Besar kecilnya adsorpsi dipengaruhi antara lain oleh macam adsorben, macam zat yang diadsorpsi, konsentrasi adsorbat, temperatur, tekanan dan luas

permukaan. Untuk adsorben yang permukaannya besar, maka adsorpsinya juga makin besar. Apabila semakin besar konsentrasi zat terlarut, semakin banyak pula zat terlarut yang teradsorpsi. Sifat adsorpsi pada permukaan zat padat adalah sangat selektif, artinya pada campuran berbagai zat hanya satu komponen yang teradsorpsi oleh zat padat tertentu. Jika suatu adsorben dibiarkan kontak dengan larutan, maka jumlah zat yang teradsorpsi akan bertambah naik secara bertahap sampai keadaan kesetimbangan tercapai.

Adsorpsi suatu bahan dari larutan berbeda dengan adsorpsi bahan secara individu, sebab larutan sekurang-kurangnya mengandung dua komponen yang dapat membentuk lapisan kompak pada permukaan adsorben. Perubahan konsentrasi komponen larutan mengakibatkan pertukaran timbal balik pada permukaan. Apabila dilapisan muka adsorben maupun dalam larutan sudah jenuh dengan molekul adsorbat maka hanya substitusi molekul suatu komponen dengan komponen lain yang dapat terjadi.

Komponen pelarut seringkali mempunyai efek yang menentukan kelangsungan adsorpsi larutan. Interaksi spesifik yang kuat dari molekul pelarut dengan permukaan adsorben pada sisi aktifnya merupakan rintangan yang menurunkan adsorpsi bahan terlarut. Interaksi molekular yang kuat antara komponen-komponen larutan dalam fasanya sendiri umumnya mempunyai efek yang negatif terhadap interaksinya dengan permukaan adsorben. Kelarutan yang tinggi biasanya berkorelasi dengan rendahnya adsorpsi.

Secara kualitatif perilaku adsorpsi dapat juga dipandang dari sifat polar atau non polar antara zat padat (adsorben) dengan komponen larutan (adsorbat). Adsorben

polar akan cenderung mengadsorpsi kuat adsorbat polar dan lemah terhadap adsorbat non polar, demikian juga sebaliknya. Adsorben polar akan mengadsorpsi kuat zat terlarut polar dari pelarut non polar karena kelarutannya yang rendah dan mengadsorpsi lemah dari pelarut polar karena kelarutannya tinggi, demikian sebaliknya.

3.7 Metode Titrimetri

Analisis titrimetri merupakan salah satu bagian utama kimia analisis dimana perhitungan-perhitungan yang digunakan didasarkan pada hubungan stoikiometri sederhana dari reaksi kimia (Underwood and Day, 1996). Selama bertahun-tahun digunakan istilah analisis volumetri bukannya titrimetri. Tetapi dari titik pandangan yang teliti, lebih disukai istilah titrimetri karena pengukuran volume tidaklah terbatas pada titrasi. Misalnya dalam analisis-analisis tertentu orang mungkin mengukur volume gas.

Dalam metode titrimetri analisis didasarkan pada reaksi sebagai berikut :



Dengan melihat reaksi tersebut di atas a molekul A bereaksi dengan t molekul reagensia T , dimana reagensia T disebut sebagai titran. Penambahan titran ini dilakukan sedikit demi sedikit dalam bentuk larutan yang konsentrasinya sudah diketahui. Penambahan titran diteruskan sampai sejumlah T telah dimasukkan yang secara kimia setara dengan A . Proses ini dinamakan telah mencapai titik ekuivalensi dari titrasi itu. Sedangkan untuk mengetahui kapan penambahan titran itu harus dihentikan maka diperlukan penambahan suatu zat yang disebut indikator, yang

menanggapi munculnya kelebihan titran diikuti dengan perubahan warna. Perubahan warna ini dapat atau tidak dapat tepat pada titik ekuivalensi. Titik ahir dalam titrasi adalah titik dimana pada saat indikator berubah warna. Dalam titrasi ini merujuk ke proses pengukuran volume titran yang diperlukan untuk mencapai titik ekuivalensi.

Semua metode titrimetri tergantung pada larutan standar yang mengandung sejumlah reagen persatuan volume larutan dengan ketepatan tinggi. Konsentrasi dinyatakan dalam normalitas (g.ek/L). Larutan standar disiapkan dengan menimbang reagen murni secara tepat., karena tidak semua standar tersedia dalam keadaan murni. Garam terhidrat tidak baik untuk larutan standar primer. Berat ekivalennya sebaiknya besar, untuk menghindarkan kesalahan akibat penimbangan (Khopkar, 1990).

Metode titrimetri secara garis besar dapat diklasifikasikan dalam empat kategori sebagai berikut :

1. Titrasi asam-basa yang meliputi reaksi asam dan basa baik kuat maupun lemah.
2. Titrasi oksidasi-reduksi (redoks) adalah titrasi yang meliputi hampir semua reaksi oksidasi reduksi. Bagian besar titrasi terliput oleh dua kategori ini.
3. Titrasi pengendapan adalah titrasi yang meliputi pembentukan endapan, seperti titrasi Ag atau Zn dengan $K_4Fe(CN)_6$ dengan indikator pengadsorpsi.
4. Titrasi kompleksometri sebagian besar meliputi titrasi EDTA seperti titrasi spesifik dan juga dapat digunakan untuk melihat perbedaan pH pada pengompleksan.

Dalam pengembangan metode titrimetri diperlukan persyaratan dalam penggunaan analisis titrimetri sebelum digunakan, yaitu :

1. Reaksi harus berjalan sesuai dengan suatu persamaan reaksi tertentu. Dalam hal ini tidak diperbolehkan adanya reaksi samping.
2. Reaksi harus berjalan sampai boleh dikatakan lengkap pada titik ekuivalensi. Dengan perkataan lain tetapan kesetimbangan reaksi itu haruslah besar.
3. Beberapa metode harus tersedia untuk menetapkan kapan titik ekuivalensi tercapai. Suatu indikator haruslah tersedia atau beberapa metode secara instrumen dapat digunakan untuk memberitahukan analisis kapan penambahan titran itu harus dihentikan.
4. Pendinginan agar reaksi dapat berjalan dengan cepat, sehingga titrasi itu dapat terlengkapi dalam beberapa menit.

3.8 Penyusunan Hipotesis

Penurunan COD dalam limbah domestik dengan penambahan abu layang dapat dilakukan melalui beberapa optimasi antara lain berat abu layang, pH, dan waktu kontak.

BAB IV
METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Alat dan Bahan

Bahan :

1. Abu layang dari PLTU Paiton
2. Aquabides
3. Aquades
4. $K_2Cr_2O_7$ 0,25 N buatan E. Merck
5. Ag_2SO_4 buatan E. Merck
6. $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6 H_2O$ buatan E. Merck
7. $FeSO_4 \cdot 7 H_2O$ buatan E. Merck
8. 1,10- Fenantrolin monohidrat buatan E. Merck
9. Larutan NaOH buatan E. Merck
10. Larutan H_2SO_4 pekat buatan E. Merck

Alat :

1. Peralatan gelas (Pipet, labu ukur, erlmeyer, buret, dll)
2. Timbangan
3. Kertas saring
4. Magnetik Stirrer
5. pH meter

4.2 Sampel Yang Digunakan

Limbah rumah tangga yang diambil dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), Sewon Bantul, D. I Jogjakarta

4.3 Cara Kerja

4.3.1 Perlakuan Sampel

Air limbah diperoleh dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), Sewon Bantul, D. I Jogjakarta, sampel diambil menggunakan alat manual dan dimasukkan kedalam botol yang bersih. Dikondisikan dalam suhu dibawah 30 °C untuk menghindari perubahan dalam sifat kimia fisiknya. COD sampel diperkirakan tidak mengalami perubahan sebelum proses adsorpsi. Abu layang diperoleh dari tungku pembakaran suhu tinggi dan dihasilkan dari batu bara yang masih muda (residunya) yang diperoleh dari PLTU Paiton. Sampel abu layang dibawa ke laboratorium dalam kotak plastik yang kedap udara. Sampel yang diperoleh dicuci dengan air destilat (aquades) untuk menghilangkan kotoran dipermukaannya dan dikeringkan di dalam oven dengan suhu 105 °C selama ± 2 jam.

4.3.2 Pembuatan Reagen

a. Larutan standar $K_2Cr_2O_7$ 0,25 N

Dilakukan dengan cara melarutkan 6,1295 g $K_2Cr_2O_7$ dengan menggunakan labu takar 500 mL (sebelumnya dikeringkan dahulu dalam oven ± 105°C selama 2 jam dan didinginkan dalam desikator untuk menghilangkan kelembaban), ditambahkan dengan aquabides sampai 500 mL.

b. Asam sulfat

5 g Ag_2SO_4 ditambahkan kedalam larutan H_2SO_4 pekat dalam labu ukur 500 mL sampai tanda batas.

c. Indikator ferroin

Melarutkan 1,10 fenantrolin monohidrat sebanyak 0,3712 g dan 0,1737 mg $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ dalam 25 mL aquabides.

d. Larutan standard fero ammonium sulfat 0,1 N

Menggunakan labu takar 500 mL untuk melarutkan 19,5 g $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$. Tambahkan 10 mL H_2SO_4 pekat, kemudian didinginkan dalam air. Tambahkan aquabides sampai tanda batas 500 mL.

Larutan ini perlu distandardisasi sebelum dan sesudah tes COD menggunakan larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

4.3.3 Standardisasi larutan titran FAS :

Dilakukan dengan cara mengencerkan 10 mL larutan standard $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dengan aquabidest sampai 100 mL. Tambahkan 30 mL H_2SO_4 pekat. Dinginkan, kemudian ditambahkan indikator ferroin 2 sampai 3 tetes. Dititrasi dengan fero ammonium sulfat sampai larutan berubah warna dari hijau ke biru-biruan menjadi oranye ke merah-merahan.

4.3.4 Analisis COD Mula-Mula

Analisis COD ini dilakukan setelah pembuatan reagen. Dilakukan dengan cara memasukkan 0,4 g H_2SO_4 ke dalam gelas COD. Kemudian menambahkan

larutan sample (air limbah rumah tangga yang diperoleh dari IPAL) sebanyak 20 mL. Ditambahkan pula $K_2Cr_2O_7$ ke dalamnya sebanyak 10 mL dan reagen asam sulfat-perak sulfat 30 mL sedikit demi sedikit, dikocok perlahan-lahan hingga larutan tercampur merata.

Perlakuan selanjutnya dengan menempatkan kondensor di atas gelas COD dan mengalirkan air pendingin pada kondensor. Kemudian larutan di refluks selama ± 2 jam. Setelah refluks selesai, gelas COD dibiarkan dingin terlebih dahulu. Sampel hasil refluks dilanjutkan dengan mengencerkan sampai menjadi 100 mL dan ditambahkan indikator ferroin 3 tetes. Kemudian larutan di titrasi menggunakan ferro ammonium sulfat 0,1 N hingga larutan berubah warna dari hijau kebiru-biruan menjadi coklat kemerah-merahan.

Dalam penelitian ini diperlukan pula analisis terhadap blanko. Cara kerja sama seperti di atas, namun pada sampel diganti dengan aquades sebanyak 20 mL.

4.3.5 Pengaruh Penambahan Abu Layang Terhadap Penurunan COD

Seluruh percobaan dilakukan dalam suhu kamar dengan cara batch (rendaman). Cara batch dipilih karena relatif sederhana (abu layang dicampur dalam air limbah kemudian diaduk). Percobaan dilakukan dalam gelas 250 mL yang berbeda menggunakan pengaduk dengan kecepatan yang berbeda-beda. Pada saat yang bersamaan adsorben dimasukkan dalam gelas tersebut. Pengadukan dijaga konstan setiap percobaan untuk meyakinkan campuran telah setimbang (campuran abu layang dan air limbah). Kondisi pH dijaga dengan larutan NaOH/ HCL. Setiap gelas diisi dengan sampel yang diketahui volume dan pH nya sampai pengadukan

pengadukan dimulai. Gelas yang berisi sampel tidak diaduk lagi pada interval waktu tertentu, kemudian disaring. Sampel ini diteruskan dengan menggunakan cara kerja seperti di atas (analisis COD), di refluks dan diteruskan dengan titrasi menggunakan fero amonium sulfat 0,1 N, sampai warna larutan berubah dari hijau kebiru-biruan hingga merah kecoklat-coklatan. Percobaan dilakukan dalam kondisi percobaan yang berbeda.

4.3.6 Optimasi Kondisi Percobaan

1. Optimasi Berat Adsorben

Studi ini dilakukan dengan menggunakan berat adsorben yang bervariasi. Sampel dengan volume yang diketahui diolah dengan berat abu layang yang berbeda mulai dari 2, 3, 5, 7 gr.

2. Optimasi pH

Studi ini dilakukan dengan memvariasi pH dengan berat optimum yang di peroleh sebelumnya. pH diukur mulai dari pH 3, 4, 6, 8, 10, 12 menggunakan larutan NaOH/ HCL.

3. Optimasi Waktu Kontak

Studi ini dilakukan dengan memvariasi waktu kontak dalam waktu yang berbeda mulai dari 30, 120, 180, 240, 300 menit dengan menambahkan abu layang pada berat optimum dan pH optimum.

4. Hubungan Antara Konsentrasi COD Awal Terhadap Berat Abu Layang dan Persen Penurunan COD

Studi ini dilakukan dengan menjaga semua kondisi konstan kecuali merubah konsentrasi COD awal, dilakukan dengan empat kali perlakuan.

Penurunan COD dinyatakan dalam % relatif terhadap nilai yang diukur pada eluen tanpa pengolahan.



BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Standardisasi Fero Amonium Sulfat

Larutan Fero Amonium Sulfat perlu distandardisasi karena bukan merupakan standar primer yaitu zat yang tersedia dalam komposisi kimia yang jelas dan murni. Larutan standar primer hanya bereaksi pada kondisi titrasi dan tidak melakukan reaksi sampingan, tidak berubah ataupun bereaksi di tempat terbuka (atmosfer). Semua metode titrimetri tergantung pada larutan standar yang mengandung sejumlah reagen persatuan volume larutan dengan ketepatan tinggi. Dalam hal ini konsentrasi dinyatakan dalam Normalitas (g.ek/L). Karena tidak semua larutan standar tersedia dalam keadaan murni, maka dalam pembuatan larutan standar disiapkan dengan menimbang reagen murni secara tepat.

Hasil standardisasi yang diperoleh dapat dilihat pada table berikut :

Tabel 3. Hasil standardisasi fero amonium sulfat

No	Volume $K_2Cr_2O_7$ (mL)	Normalitas $K_2Cr_2O_7$ (N)	Volume FAS (mL)
1.	10	0,25	21
2.	10	0,25	20
3.	10	0,25	23
Volume FAS rata-rata			21,333

Berdasarkan tabel 3 di atas, volume rata-rata dari banyaknya fero amonium sulfat yang digunakan untuk titrasi adalah 21,333 mL. Hasil ini digunakan untuk menghitung besarnya standardisasi dari fero amonium sulfat. Hasil yang diperoleh

sebesar 0, 117 N. Konsentrasi tersebut digunakan untuk menentukan COD berikutnya. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat dalam lampiran 6.

5.2 Hasil Analisis COD Mula-mula

Dalam analisis untuk menentukan besarnya nilai COD pada air limbah rumah tangga yang di ambil dari Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga (IPAL), Sewon Bantul D. I Jogjakarta memberikan hasil COD mula-mula antara 342,188-412,5 mg/L. Data dalam perhitungan untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam lampiran 7.

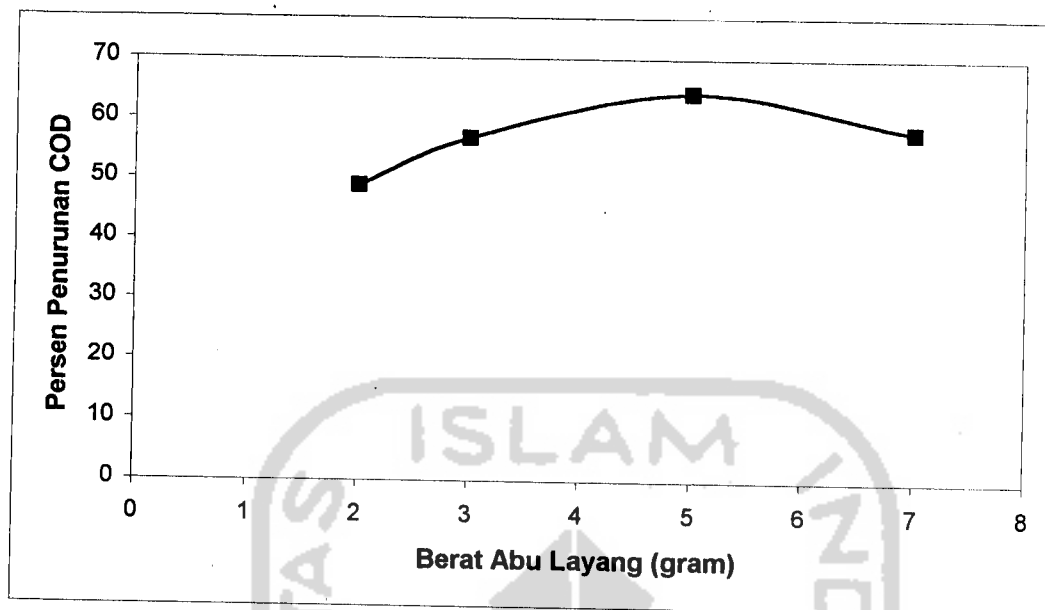
Untuk nilai COD yang dihasilkan dari analisis tersebut melebihi batas baku mutu yang diijinkan. Baku mutu air limbah berdasarkan surat keputusan menteri negara kependudukan dan lingkungan hidup Kep-03/ MENKLH/ II/ 1991 sebesar 40 mg/L. Sedangkan menurut Sahu (2002) maksimum COD yang diijinkan 30-45 mg/L.

5.3 Hasil Optimasi Kondisi Percobaan

5.3.1 Hasil Optimasi Berat Adsorben

Pada optimasi berat adsorben dilakukan pada berat 2 gram, 3 gram, 5 gram dan 7 gram. Data ini di peroleh berdasarkan pengulangan beberapa kali sampai di dapat berat optimum.

Hasil yang diperoleh digambarkan dengan melalui grafik sebagai berikut :



Gambar 1. Pengaruh berat abu layang (gram) terhadap persen penurunan COD

Dalam gambar 1. di atas menunjukkan pengaruh berat abu layang yang berfungsi sebagai adsorben terhadap persen penurunan COD. Adanya pengaruh berat terhadap persen penurunan COD dari abu layang sangat terlihat. Hasil menunjukkan peningkatan persen penurunan COD yang tajam seiring dengan peningkatan berat. Menurut Moore W. J (1974) untuk adsorben dengan permukaan besar, maka adsorpsinya juga makin besar, makin besar konsentrasi zat terlarut makin banyak pula zat terlarut yang teradsorpsi.

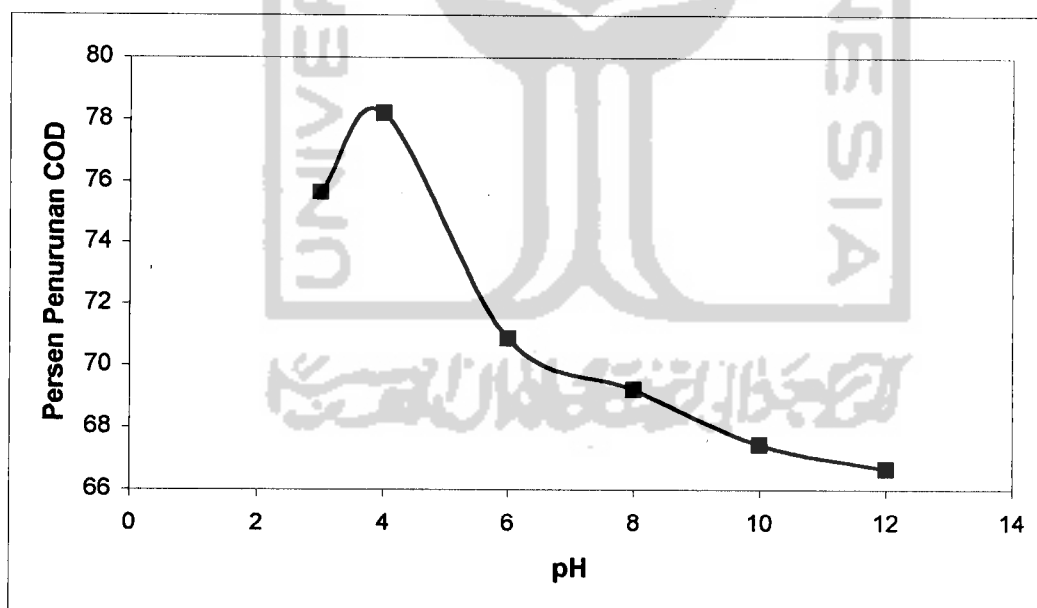
Dari hasil tampak bahwa pengolahan maksimum terjadi pada berat 5 gram yaitu sebesar 64,383 %. Proses ini disebabkan karena semakin meningkatnya permukaan pada adsorben (abu layang), sehingga persen penurunan COD meningkat seiring dengan bertambahnya adsorben. Pada berat rendah, adsorpsi tidak signifikan

karena permukaan adsorben akan lebih cepat mengalami kejenuhan. Data perhitungan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran 8.

5.4.2 Hasil Optimasi pH

Pada optimasi pH diuji pada pH asam maupun pH basa. Pengujian pH dilakukan mulai dari pH 3, 4, 6, 8, 10, 12. Dilakukan untuk melihat apakah pH berpengaruh pada penurunan COD oleh abu layang dan mencari pH optimum disaat abu layang dapat maksimal menurunkan COD pada limbah rumah tangga. Perlakuan terhadap pH dilakukan setelah diperoleh berat optimum yaitu 5 gram.

Hasil yang diperoleh digambarkan dengan melalui grafik sebagai berikut :



Gambar 2. Pengaruh pH terhadap persen penurunan COD

Gambar 2. di atas menggambarkan pengaruh pH terhadap persen penurunan COD oleh abu layang. Pada pH terlalu tinggi maupun terlalu rendah dapat

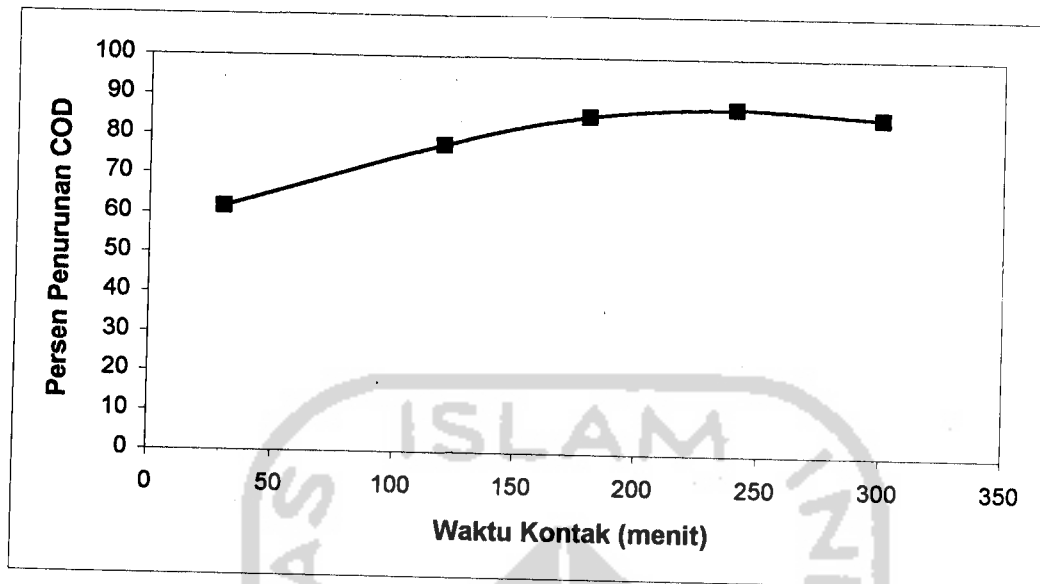
mempengaruhi proses adsorpsi. Proses adsorpsi yang terjadi adalah proses adsorpsi secara fisik yang sangat tergantung pada ukuran pori-pori abu layang. Ketika kondisi pH larutan terlalu tinggi maupun terlalu rendah maka larutan tersebut akan merusak pori-pori abu layang, sehingga dapat menyebabkan penurunan pada proses adsorpsi. Hal tersebut didukung oleh pernyataan Bastian (2000) yang menyatakan bahwa penurunan pH dapat menyebabkan meningkatnya daya serap dan apabila setelah dicapai pH yang optimum kembali daya serapnya menurun.

Hasil menunjukkan bahwa pada pH 4 abu layang memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi. Terdapat 78,205 % reduksi COD oleh abu layang. Pada pH tinggi kapasitas adsorben dalam mereduksi COD mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena pada pH tinggi lebih banyak mengandung ion OH^- yang dapat menetralkan anion (-) pada permukaan adsorben. Sehingga proses difusi senyawa organik mengalami penurunan. Berbeda dengan pH semakin rendah yang mengakibatkan kapasitas adsorben mengalami kenaikan dalam mereduksi COD. Reduksi dalam proses adsorpsi mengalami peningkatan karena banyaknya ion H^+ yang menyebabkan peningkatan difusi ion-ion organik (Sahu, 2002). Untuk lebih jelasnya data perhitungan dapat dilihat dalam lampiran 8.

5.4.3 Hasil Optimasi Waktu Kontak

Optimasi waktu kontak dilakukan setelah didapat berat optimum dan pH optimum. Penelitian ini dilakukan dengan waktu mulai dari 30 menit, 120 menit, 180 menit, 240 menit, dan 300 menit.

Hasil yang diperoleh digambarkan dengan melalui grafik sebagai berikut :



Gambar 3. Pengaruh waktu kontak terhadap persen penurunan COD

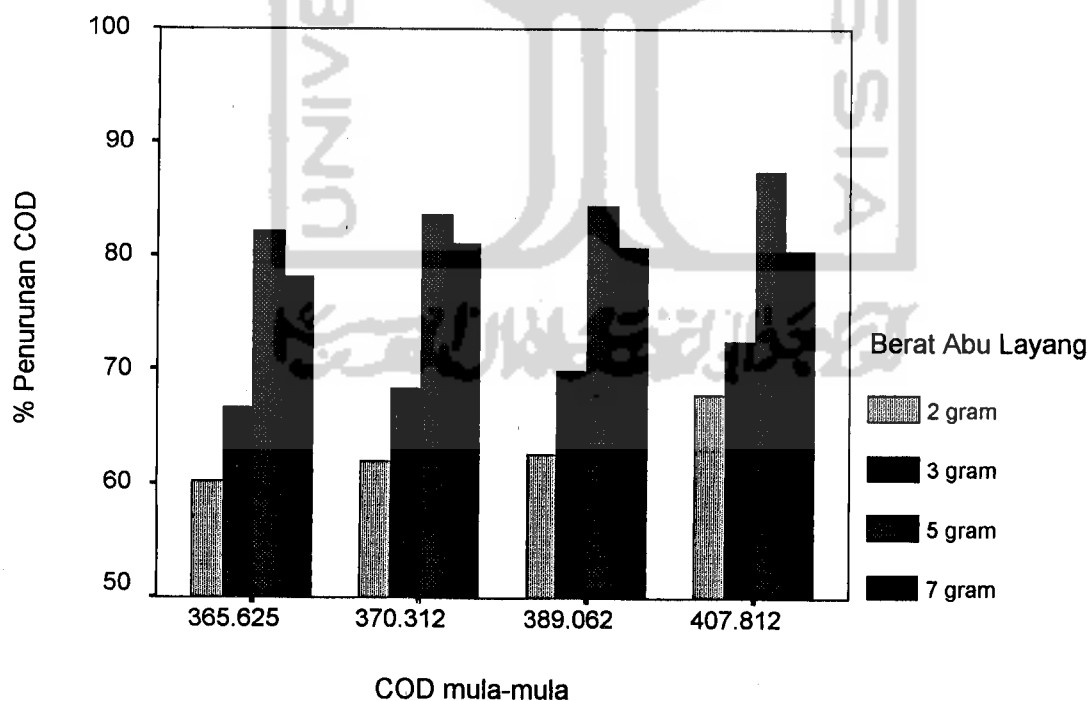
Dari gambar 3. di atas melukiskan persen pengolahan COD dengan waktu kontak yang berbeda menggunakan abu layang. Hasil menunjukkan bahwa semakin lama adsorben kontak dengan adsorbat maka semakin besar persen penurunan COD. Hal tersebut didukung oleh pernyataan Moore, W. J (1974) yang menyatakan jika suatu adsorben dibiarkan kontak dengan larutan, maka jumlah zat yang teradsorb akan bertambah naik secara bertahap sampai suatu keadaan kesetimbangan tercapai.

Dari penelitian menghasilkan persen penurunan COD maksimal 87,500 % pada waktu optimum 240 menit. Hasil perhitungan untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam lampiran 8.

5.4.5 Hubungan Antara Konsentrasi COD Awal Terhadap Berat Abu Layang dan Persen Penurunan COD

Perlakuan hubungan antara konsentrasi COD awal terhadap berat abu layang dan persen penurunan COD dilakukan untuk melihat apakah terdapat hubungan antara konsentrasi COD awal terhadap berat abu layang dengan penambahan berat abu layang yang berbeda dan pH optimum serta waktu kontak optimum.. Dalam penelitian ini dilakukan sampai empat kali. pH optimum dari hasil analisis sebelumnya diperoleh pada pH 4 dan waktu kontak 240 menit, sedangkan berat abu layang dari 2, 3, 5, 7 gram.

Hasil yang didapat dari masing-masing perlakuan dapat dilihat melalui diagram grafik sebagai berikut :



Gambar 4. Hubungan Antara Konsentrasi COD Awal Terhadap Berat Abu Layang dan Persen Penurunan COD

Dari gambar 4. menunjukkan hubungan antara konsentrasi COD awal terhadap berat abu layang dan persen penurunan COD. Tampak bahwa pada setiap perlakuan untuk masing-masing konsentrasi, konsentrasi COD awal yang dihasilkan tidak berbeda jauh. Hal ini dikarenakan pengambilan sampel yang diambil dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), Sewon Bantul D.I Jogjakarta, dilakukan pada waktu yang tidak berbeda jauh, rata-rata pukul 8 pagi. Dimungkinkan aktifitas penduduk pada saat itu dari hari ke hari sama, limbah dari proses aktifitas yang dibuang oleh penduduk yaitu mencuci pakaian, mencuci perabot rumah tangga, mandi dan sebagainya, sehingga oksigen yang dibutuhkan dalam kondisi uji tertentu untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam sampel tidak berbeda jauh.

Hasil yang diperoleh setelah penambahan abu layang untuk masing-masing konsentrasi, dapat dilihat bahwa seberapapun besarnya COD awal yang dilakukan pada saat analisis, abu layang dapat menurunkan COD secara optimal. Pada gambar 5 di atas, persen penurunan COD yang paling besar diperoleh pada penambahan abu layang 5 gram, artinya pada konsentrasi COD yang dianalisis abu layang dapat menyerap secara optimal pada berat 5 gram. Sedangkan pada berat abu layang lebih kurang dari 5 gram ataupun lebih besar dari 5 gram, abu layang kurang optimal untuk menurunkan konsentrasi COD. Persen penurunan COD yang paling besar dari masing-masing perlakuan konsentrasi, diperoleh pada konsentrasi 407,812 gr/mL, dengan persen penurunan 83,544 % pada penambahan berat 5 gram. Untuk lebih jelasnya hasil perhitungan dapat dilihat dalam lampiran 8.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diajukan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Abu layang dapat digunakan sebagai adsorben untuk menurunkan COD pada limbah rumah tangga.
2. Pengaruh penambahan abu layang untuk menurunkan COD yang dilakukan dengan melalui beberapa optimasi menghasilkan berat optimum dengan penambahan abu layang 5 gram yang dapat menurunkan konsentrasi COD sebesar 64,383 %, pH optimum didapat pada pH 4 yang dapat menurunkan konsentrasi COD sebesar 78,205 % dan waktu kontak optimum diperoleh pada waktu 240 menit yang dapat menurunkan konsentrasi COD sebesar 87,500 %. Sedangkan untuk hubungan antara konsentrasi COD awal terhadap berat abu layang dan persen penurunan COD dapat ditarik kesimpulan bahwa sebarangpun COD awal abu layang dapat menurunkan COD.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga (IPAL) Sewon Bantul DI. Jogjakarta dapat menggunakan abu layang untuk menurunkan COD

karena nilai COD dalam limbah inlate IPAL melebihi batas baku mutu yang diijinkan.

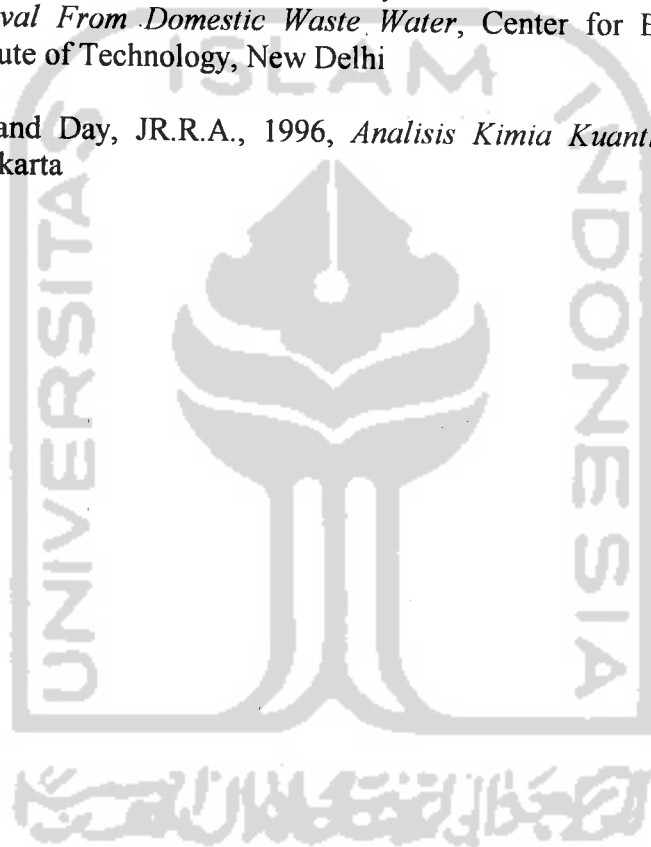
2. Metode pemanfaatan abu layang sebagai adsorben untuk menurunkan COD pada limbah rumah tangga dapat menggunakan metode yang lain.



DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. dan Santika, S., 1984, *Metoda Penelitian Air*, Penerbit Usaha Nasional, Surabaya.
- Amirudin., 2001, *Kamus Kimia*, PT Gramedia Pustaka Umum, Jakarta.
- Anonim., 1981, *Annual Book Of ASTM Standards*, American Society For testing and Materials Philadelphia, hal 681-685.
- Aprilita, N.H dan Triwahyuni, E., 2000, *Penanganan Fenol Dalam Air Limbah Dengan Menggunakan Zeolit Alam Sebagai Adsorben*, Thesis, Program Pasca sarjana, Universitas Gajah Mada, Jogjakarta.
- Bela., Katalin and Kamilla., 1998, *Investigating The Mineralogical Composition Of .Flying Ash Pulps From The Aspect Of Waste Quality*, Departement of Engineering of Budapest , H- 1521 Budapest, Hungary.
- Greenberg, A.E., Trussell, R.R. and Clescerl, L.S., 1981, *Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater*, American Public Health Association Washington, hal 532-538.
- Hermawan., 2000, *Studi Kasus Praktek Pengujian Air*, Jakarta.
- Kunarti, E.S. dan Wahyuni, E.T., 1997, *Abu Layang Sebagai Adsorben Alternatif Untuk Penghilangan Ion Logam Cd Dalam Air Limbah*, Thesis, Program Pascasarjana, Universitas Gajah Mada, Jogjakarta.
- Khopkar, S.M., 1990, *Konsep Dasar Kimia Analitik*, Diterjemahkan oleh Saptorahardjo, A, Edisi kelima, Penerbit Universitas Indonesia.
- Khunur, M.M., 1995, *Sintesis dan Karakterisasi Heksa Metil Disi Loksan Hasil Sililasi Mineral Silikat Abu Layang*, Thesis, Program Pascasarjana, Universitas Gajah Mada, Jogjakarta.
- Lewis, R.J.Sr., 1997, *Hawley's Condensed Chemical Dictionary*, John wiley & Sons, inc, New York.
- Mahatmanti, F., 2001, *Studi Adsorpsi Ion Logam Seng (II) dan Timbal (II) Pada Kitosan dan Kitoum-sulfat Dari Cangkang Udang Windu*, Thesis, Program Pascasarjana , Universitas Gajah Mada, Jogjakarta.

- Mutia, R., 2002, *Analisis Logam Cu pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga (IPAL), Sewon Bantul, Jogjakarta*, Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.
- Rusdiarso, B., 1996, *Analisis dan Kajian Tentang Pemanfaatan Abu Layang Sebagai Adsorben Zat Warna*, Penelitian, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gajah Mada, Jogjakarta
- Sahu, R., Dahiya, R.P. and Gadgil, K., 2002, *Fly Ash Based Low Cost Mthod For COD Removal From Domestic Waste Water*, Center for Energy Studies Indian Institute of Technology, New Delhi
- Underwood, A.L. and Day, JR.R.A., 1996, *Analisis Kimia Kuantitatif*, Penerbit Erlangga, Jakarta



Lampiran 1. Analisis Kimia Fisik Limbah Rumah Tangga

Tabel 4. Analisis Kimia Fisik Air Limbah rumah tangga

No	Parameter	Maksimum yang diijinkan
1.	pH	6,8-8,5
2.	Electrical Conductance-EC (m mhos/ cm)	0,1
3.	Temperatur (°C)	16-32
4.	Kekeruhan	5-10
5.	Zat padat total	500
6.	Total suspended solids (mg/L)	10-50
7.	Total dissolved solids (mg/L)	450
8.	COD (mg/L)	30-45
9.	BOD (mg/L)	3-4

Sumber : Sahu, 2002

**Lampiran 2. Baku Mutu Air Limbah Berdasarkan Surat Keputusan Menteri
Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Kep-03/
MENKLH/ II/ 1991**

Tabel 5. Baku Mutu Air Limbah Berdasarkan Surat Keputusan Menteri Negara
Kependudukan dan Lingkungan Hidup Kep-03/ MENKLH/ II/ 1991

No	Parameter	Satuan	Gol baku mutu air limbah			
			I	II	III	IV
	FISIKA					
1.	Temperatur	°C	35	38	40	45
2.	Zat padat terlarut	mg/L	1500	2000	4000	5000
3.	Zat padat tersuspensi	mg/L	100	200	400	500
	KIMIA					
1.	pH	pH	6-9	6-9	6-9	5-9
2.	Besi terlarut (Fe)	mg/L	1	5	5	20
3.	Mangan terlarut (Mn)	mg/L	0,5	2	3	10
4.	Barium (Ba)	mg/L	1	2	3	5
5.	Tembaga (Cu)	mg/L	1	2	10	5
6.	Seng (Zn)	mg/L	2	5	0,5	15
7.	Krom Heksavalen Cr(VI)	mg/L	0,05	0,1	1	1
8.	Krom total	mg/L	0,1	0,5		2
9.	Kadmium (Cd)	mg/L	0,01	0,05	0,1	0,5
10.	Raksa (Hg)	mg/L	0,00	0,002	0,00	0,01
			1		5	
11.	Timbal (Pb)	mg/L	0,03	0,1	1	2
12.	Stannum (Sn)	mg/L	1	2	3	5
13.	Arsen (As)	mg/L	0,05	0,1	0,5	1
14.	Selenium (Se)	mg/L	0,01	0,05	0,5	1
15.	Nikel (Ni)	mg/L	0,1	0,2	0,5	1
16.	Kobalt (Co)	mg/L	0,2	0,4	0,6	1
17.	Sianida (Cn)	mg/L	0,02	0,05	0,5	1
18.	Sulfida (H S)	mg/L	0,01	0,05	0,1	1
19.	Fluorida (F)	mg/L	1,5	2	3	5
20.	Klorin bebas (Cl ₂)	mg/L	0,5	1	2	5
21.	Amoniak bebas (NH ₄ N)	mg/L	0,02	1	5	20
22.	Nitrat (NO ₃ N)	mg/L	10	20	30	50
23.	Nitrit (NO ₂ N)	mg/L	0,06	1	3	5
24.	Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)	mg/L	20	50	150	300

25.	Kebutuhan Oksigen Kimia (COD)	mg/L	40	100	300	600
26.	Senyawa aktif biru metilen	mg/L	0,5	5	10	15
27.	Fenol	mg/L	0,01	0,5	1	2
28.	Minyak nabati	mg/L	1	5	10	20
29.	Minyak mineral	mg/L	1	10	50	100
30.	Radioaktifitas ^{**})					
31.	Pestisida termasuk PCB ^{***})					

Keterangan : *) Kadar bahan limbah yang memenuhi persyaratan baku mutu air limbah tersebut tidak diperbolehkan dengan cara pengenceran yang airnya secara langsung diambil dari sumber air.

Kadar bahan limbah tersebut adalah kadar maksimal yang diperbolehkan, kecuali pH yang meliputi juga kadar yang minimal.

**.) Kadar radioaktivitas mengikuti peraturan yang berlaku.

***.) Limbah pestisida yang berasal dari industri yang memformulasi atau memproduksi dan dari konsumen yang mempergunakan untuk pertanian dan lain-lain tidak boleh menyebabkan pencemaran yang mengganggu pemanfaatannya.

**Lampiran 3. Keputusan Gubernur Kepala Daerah Istimewa Jogjakarta No 28/
KPTS/ 1991 tentang : Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan
Industri dan Kegiatan Usaha Lain**

Tabel 6. Keputusan Gubernur Kepala Daerah Istimewa Jogjakarta No 28/ KPTS/
1991 tentang : Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri dan
Kegiatan Usaha Lain

PARAMETER	SATUAN	KADAR MAKSIMUM
Temperatur	°C	30
Zat padat terlarut	mg/L	2000
Zat padat tersuspensi	mg/L	200
pH	pH	6,0-9,0
Besi terlarut (Fe)	mg/L	5
Mangan terlarut (Mn)	mg/L	2
Barium (Ba)	mg/L	2
Tembaga (Cu)	mg/L	2
Seng (Zn)	mg/L	2
Krom Heksavalen Cr(VI)	mg/L	0,1
Krom total	mg/L	0,5
Kadmium (Cd)	mg/L	0,05
Raksa (Hg)	mg/L	0,002
Timbal (Pb)	mg/L	0,1
Stannum (Sn)	mg/L	2
Arsen (As)	mg/L	0,1
Selenium (Se)	mg/L	0,05
Nikel (Ni)	mg/L	0,2
Kobalt (Co)	mg/L	0,4
Sianida (Cn)	mg/L	0,05
Sulfida (H S)	mg/L	0,05
Fluorida (F)	mg/L	2
Klorin bebas (Cl ₂)	mg/L	1
Amoniak bebas	mg/L	1
Nitrat	mg/L	20
Nitrit	mg/L	1
BOD	mg/L	50
COD	mg/L	100
Senyawa aktif biru metilen	mg/L	5

Fenol	mg/L	0,5
Minyak nabati	mg/L	5
Minyak mineral	mg/L	10



Lampiran 4. Karakterisasi Dari Abu Layang

Tabel 7. Karakterisasi Dari Abu Layang

Karakteristik Kimia (%)		Analisis Perkiraan terdekat (%)		Karakteristik Umum	
Silika dioksida (SiO ₂)	62,0	Abu	72,42	Luas permukaan m ² /g	13,0
Aluminium Oksida (Al ₂ O ₃)	21,98	Hilang pada pengadukan	13,02	Berat jenis terbesar	1000,8
Besi Oksida (Fe ₂ O ₃)	7,20	Bahan mudah menguap	3,26	Ukuran partikel	2,8;0,7 0,075 0,053
Kalsium Oksida (CaO)	3,20	Karbon terkandung	10,09		
Magnesium Oksida (MgO)	1,10	Kelembaban/uap air	1,21		
Phosphor pentoksida (P ₂ O ₅)	1,35				
Titanium Oksida (TiO ₂)	1,10				
Alkali Oksida (Na ₂ O/ K ₂ O)	2,10				
Sulphur Trioksida (SO ₃)	0,62				

Sumber : Sahu, 2002

Lampiran 5. Ciri Khas Kimia Dari Abu Layang Batu Bara

Tabel 8. Ciri Khas Kimia Dari Abu Layang Batu Bara

	Satuan	Klas F	Klas F	Klas C	Klas C
		Fe rendah	Fe tinggi	Ca tinggi	Ca rendah
SiO ₂	(mg/L)	46-57	42-54	25-42	46-59
Al ₂ O ₃	(mg/L)	18-29	16.5-24	15-21	14-22
Fe ₂ O ₃	(mg/L)	6-16	16-24	5-10	5-13
CaO	(mg/L)	1.8-5.5	1.3-3.8	17-32	8-16
MgO	(mg/L)	0.7-2.1	0.3-1.2	4-12.5	3.2-4.9
K ₂ O	(mg/L)	1.9-2.8	2.1-2.7	0.3-1.6	0.6-1.1
Na ₂ O	(mg/L)	0.2-1.1	0.2-0.9	0.8-6.0	1.3-4.2
SO ₃	(mg/L)	0.4-2.9	0.5-1.8	0.4-5.0	0.4-2.5
LOI	(mg/L)	0.6-4.8	1.2-5.0	0.1-1.0	0.1-2.3
TiO ₂	(mg/L)	1-2	1-1.5	<1	<1

Lampiran 6. Data Perhitungan Standardisasi Fero Amonium Sulfat (FAS)

Rumus : $N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$

$$N_2 = \frac{N_1 \times V_1}{V_2}$$

Dimana :

N_1 = Normalitas $K_2Cr_2O_7$

V_1 = Volume $K_2Cr_2O_7$ (mL)

N_2 = Normalitas Fero Amonium Sulfat (FAS)

V_2 = Volume Fero Amonium Sulfat yang digunakan (mL)

Tabel 9. Hasil standardisasi fero amonium sulfat

No	Volume $K_2Cr_2O_7$ (mL)	Normalitas $K_2Cr_2O_7$ (N)	Volume FAS (mL)
1.	10	0,25	21
2.	10	0,25	20
3.	10	0,25	23

$$\begin{aligned} \text{Volume Fero Amonium Sulfat rata-rata} &= \frac{21 + 20 + 23}{3} \\ &= 21,333 \text{ mL} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Normalitas Fero Amonium Sulfat} &= \frac{10 \times 0,25}{21,333} \\ &= 0,117 \text{ N} \end{aligned}$$

Lampiran 7. Data Perhitungan Optimasi Berat Abu Layang, pH, Waktu Kontak dan Hubungan Antara Konsentrasi COD Awal Terhadap Berat Abu Layang dan Persen Penurunan COD

$$\text{Rumus : COD (mg O}_2\text{/L)} = \frac{(A - B) \times N \times 8 \times 1000}{\text{ml sampel}}$$

Dimana :

A = Volume Fero Amonium Sulfat yang digunakan untuk titrasi blanko (mL)

B = Volume Fero Amonium Sulfat yang digunakan untuk titrasi sampel (mL)

N = Normalitas larutan Fero Amonium Sulfat (FAS)

7.1 Optimasi Berat Abu Layang

Tabel 10. Hasil optimasi berat abu layang

No	Berat Abu Layang (gr)	Volume sampel (mL)	Normalitas FAS (N)	mL FAS pada COD mula-mula		mL FAS pada COD ahir	
				A	B	A	B
1.	2	20	0,117	23,8	15	23,8	19,3
2.	3	20	0,117	23,8	15	23,8	20
3.	5	20	0,117	23,8	16,5	23,8	21,2
4.	7	20	0,117	23,8	15	23,8	20,1

a. Berat 2 gr

$$\text{COD mula-mula} = \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(23,8-15) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\
 &= 412,500 \text{ mg/L} \\
 \text{Berat 2 gr} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\
 &= \frac{(23,8-19,3) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\
 &= 210,938 \text{ mg/L} \\
 \text{b. Berat 3 gr} & \\
 \text{COD mula-mula} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\
 &= \frac{(23,8-15) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\
 &= 412,500 \text{ mg/L} \\
 \text{Berat 3 gr} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\
 &= \frac{(23,8-20) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\
 &= 178,125 \text{ mg/L} \\
 \text{c. Berat 5 gr} & \\
 \text{COD mula-mula} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\
 &= \frac{(23,8-16,5) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\
 &= 342,188 \text{ mg/L} \\
 \text{Beart 5 gr} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{(23,8 - 21,2) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}}$$

$$= 121,875 \text{ mg/L}$$

d. Berat 7 gr

$$\text{COD mula-mula} = \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}}$$

$$= \frac{(23,8 - 15) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}}$$

$$= 412,500 \text{ mg/L}$$

Berat 7 gr

$$= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}}$$

$$= \frac{(23,8 - 20,1) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}}$$

$$= 173,438 \text{ mg/L}$$

7.2 Optimasi pH

Tabel 11. Hasil optimasi pH

No	Berat Abu Layang (gr)	Volume sampel (mL)	Normalitas FAS (N)	mL FAS pada COD mula-mula		mL FAS pada COD ahir	
				A	B	A	B
1.	3	20	0,117	23,8	16	23,8	21,9
2.	4	20	0,117	23,8	16	23,8	22,1
3.	6	20	0,117	23,8	15,9	23,8	21,5
4.	8	20	0,117	23,8	16	23,8	21,4
5.	10	20	0,117	23,8	15,2	23,8	21
6.	12	20	0,117	23,8	15,7	23,8	21,1

a. pH 4

$$\begin{aligned} \text{COD mula-mula} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\ &= \frac{(23,8 - 16) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\ &= 365,625 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{pH 4} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\ &= \frac{(23,8 - 22,1) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\ &= 79,688 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

b. pH 6

$$\begin{aligned} \text{COD mula-mula} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\ &= \frac{(23,8 - 15,9) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\ &= 370,312 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{pH 6} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\ &= \frac{(23,8 - 21,5) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\ &= 107,812 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

c. pH 8

$$\begin{aligned} \text{COD mula-mula} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\ &= \frac{(23,8 - 16) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 365,625 \text{ mg/L} \\
 \text{pH 8} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\
 &= \frac{(23,8 - 21,4) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\
 &= 112,500 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

d. pH 10

$$\begin{aligned}
 \text{COD mula-mula} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\
 &= \frac{(23,8 - 15,2) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\
 &= 403,125 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

pH 10

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\
 &= \frac{(23,8 - 21) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\
 &= 131,250 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

e. pH 12

$$\begin{aligned}
 \text{COD mula-mula} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\
 &= \frac{(23,8 - 15,7) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}}
 \end{aligned}$$

$$= 379,688 \text{ mg/L}$$

pH 12

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\
 &= \frac{(23,8 - 21,1) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}}
 \end{aligned}$$

$$= 126,562 \text{ mg/L}$$

7.3 Optimasi Waktu Kontak

Tabel 12. Hasil optimasi waktu kontak

No	Berat Abu Layang (gr)	Volume sampel (mL)	Normalitas FAS (N)	mL FAS pada COD mula-mula		mL FAS pada COD ahir	
				A	B	A	B
1.	30	20	0,117	23,8	15,2	23,8	20,5
2.	120	20	0,117	23,8	15,3	23,8	21,9
3.	180	20	0,117	23,8	15,7	23,8	22,6
4.	240	20	0,117	23,8	15	23,8	22,7
5.	300	20	0,117	23,8	15,7	23,8	22,8

a. Waktu Kontak 30 menit

$$\begin{aligned} \text{COD mula-mula} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\ &= \frac{(23,8 - 15,2) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \end{aligned}$$

$$= 403,125 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu Kontak 30 menit} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\ &= \frac{(23,8 - 20,5) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \end{aligned}$$

$$= 154,688 \text{ mg/L}$$

b. Waktu Kontak 120 menit

$$\begin{aligned} \text{COD mula-mula} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\ &= \frac{(23,8 - 15,3) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \end{aligned}$$

$$= 398,438 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu Kontak 120 menit} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\
 &= \frac{(23,8 - 21,9) \times 0,117 N \times 8000}{20 \text{ mL}} \\
 &= 89,062 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

c. Waktu Kontak 180 menit

$$\begin{aligned}
 \text{COD mula-mula} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\
 &= \frac{(23,8 - 15,7) \times 0,117 N \times 8000}{20 \text{ mL}} \\
 &= 379,688 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu Kontak 180 menit} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\
 &= \frac{(23,8 - 22,6) \times 0,117 N \times 8000}{20 \text{ mL}} \\
 &= 56,250 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

d. Waktu Kontak 240 menit

$$\begin{aligned}
 \text{COD mula-mula} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\
 &= \frac{(23,8 - 15) \times 0,117 N \times 8000}{20 \text{ mL}} \\
 &= 412,500 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu Kontak 300 menit} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\
 &= \frac{(23,8 - 22,7) \times 0,117 N \times 8000}{20 \text{ mL}} \\
 &= 51,562 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

e. Waktu Kontak 300 menit

$$\begin{aligned} \text{COD mula-mula} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\ &= \frac{(23,8 - 15,7) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\ &= 379,688 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu Kontak 240 menit} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\ &= \frac{(23,8 - 22,8) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\ &= 46,875 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

7.4. Hubungan Antara Konsentrasi COD Awal Terhadap Berat Abu Layang dan Persen Penurunan COD

7.4.1. Hubungan Antara Konsentrasi COD Awal Terhadap Berat Abu Layang dan Persen Penurunan COD A

Tabel 13. Hasil hubungan antara konsentrasi COD awal terhadap berat abu layang dan persen penurunan COD A

No	Berat Abu Layang (gr)	Volume sampel (mL)	Normalitas FAS (N)	mL FAS pada COD mula-mula		mL FAS pada COD ahir	
				A	B	A	B
1.	2	20	0,117	23,8	16	23,8	20,7
2.	3	20	0,117	23,8	16	23,8	21,2
3.	5	20	0,117	23,8	16	23,8	22,4
4.	7	20	0,117	23,8	16	23,8	22,1

$$\begin{aligned} \text{COD mula-mula} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\ &= \frac{(23,8 - 16) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\ &= 365,625 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{a. Berat 2 gr} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\ &= \frac{(23,8 - 20,7) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\ &= 145,312 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Berat 3 gr} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\ &= \frac{(23,8 - 21,2) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\ &= 121,875 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Berat 5 gr} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\ &= \frac{(23,8 - 22,4) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\ &= 65,625 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. Berat 7 gr} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\ &= \frac{(23,8 - 22,1) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\ &= 79,688 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

7.4.2. Hubungan Antara Konsentrasi COD Awal Terhadap Berat Abu Layang dan Persen Penurunan COD B

Tabel 14. Hasil hubungan antara konsentrasi COD mula-mula terhadap berat abu layang dan persen penurunan COD B

No	Berat Abu Layang (gr)	Volume sampel (mL)	Normalitas FAS (N)	mL FAS pada COD mula-mula		mL FAS pada COD ahir	
				A	B	A	B
1.	2	20	0,117	23,8	15,9	23,8	20,8
2.	3	20	0,117	23,8	15,9	23,8	21,3
3.	5	20	0,117	23,8	15,9	23,8	22,5
4.	7	20	0,117	23,8	15,9	23,8	22,3

$$\begin{aligned} \text{COD mula-mula} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\ &= \frac{(23,8 - 15,9) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\ &= 370,312 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{a. Berat 2 gr} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\ &= \frac{(23,8 - 20,8) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\ &= 140,625 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Berat 3 gr} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\ &= \frac{(23,8 - 21,3) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\ &= 117,188 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Berat 5 gr} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\
 &= \frac{(23,8 - 22,5) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\
 &= 60,938 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{d. Berat 7 gr} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\
 &= \frac{(23,8 - 22,3) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\
 &= 70,312 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

7.4.3. Hubungan Antara Konsentrasi COD Awal Terhadap Berat Abu Layang dan Persen Penurunan COD C

No	Berat Abu Layang (gr)	Volume sampel (mL)	Normalitas FAS (N)	mL FAS pada COD mula-mula		mL FAS pada COD ahir	
				A	B	A	B
1.	2	20	0,117	23,8	15,5	23,8	20,7
2.	3	20	0,117	23,8	15,5	23,8	21,3
3.	5	20	0,117	23,8	15,5	23,8	22,5
4.	7	20	0,117	23,8	15,5	23,8	22,2

$$\begin{aligned}
 \text{COD mula-mula} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\
 &= \frac{(23,8 - 15,5) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\
 &= 389,062 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{a. Berat 2 gr} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\
 &= \frac{(23,8 - 20,7) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\
 &= 145,312 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. Berat 3 gr} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\
 &= \frac{(23,8 - 21,3) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\
 &= 117,188 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Berat 5 gr} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\
 &= \frac{(23,8 - 22,5) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\
 &= 60,938 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{d. Berat 7 gr} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\
 &= \frac{(23,8 - 22,2) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\
 &= 75 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

7.4.4 Hubungan Antara Konsentrasi COD Mula-mula Terhadap Berat Abu Layang dan Persen Penurunan COD D

Tabel 16. Hubungan Antara konsentrasi COD mula-mula terhadap berat abu layang dan persen penurunan COD D

No	Berat Abu Layang (gr)	Volume sampel (mL)	Normalitas FAS (N)	mL FAS pada COD mula-mula		mL FAS pada COD ahir	
				A	B	A	B
1.	2	20	0,117	23,8	15,1	23,8	21
2.	3	20	0,117	23,8	15,1	23,8	21,4
3.	5	20	0,117	23,8	15,1	23,8	22,7
4.	7	20	0,117	23,8	15,1	23,8	22,1

$$\begin{aligned} \text{COD mula-mula} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\ &= \frac{(23,8 - 15,1) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\ &= 407,812 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{a. Berat 2 gr} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\ &= \frac{(23,8 - 21) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \end{aligned}$$

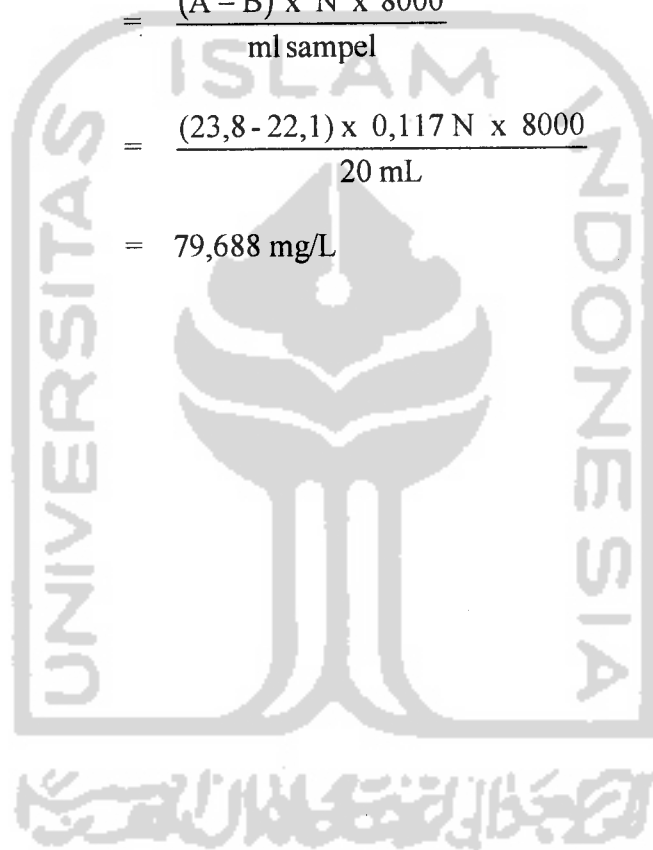
$$= 131,250 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Berat 3 gr} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\ &= \frac{(23,8 - 21,4) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \end{aligned}$$

$$= 112,500 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Berat 5 gr} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\ &= \frac{(23,8 - 22,7) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\ &= 51,562 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. Berat 7 gr} &= \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \\ &= \frac{(23,8 - 22,1) \times 0,117 \text{ N} \times 8000}{20 \text{ mL}} \\ &= 79,688 \text{ mg/L} \end{aligned}$$



Lampiran 8. Data Perhitungan Persen Penurunan COD Pada Optimasi Berat Abu Layang, pH, Waktu Kontak, Hubungan Antara Konsentrasi COD Awal Terhadap Berat Abu Layang dan Persen Penurunan COD

$$\text{Rumus} : \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\%$$

8.1 Persen Penurunan COD Pada Optimasi Berat Abu Layang

Tabel 17. Hasil penurunan COD pada optimasi berat abu layang

No	Berat Abu Layang (gr)	COD mula-mula (gr/ L)	COD ahir (gr/ L)	Penurunan COD (gr/L)	Penurunan COD (%)
1.	2	412,500	210,938	201,562	48,863
2.	3	412,500	178,125	234,375	56,819
3.	5	342,188	121,875	220,313	64,383
4.	7	412,500	173,438	239,062	57,954

$$\begin{aligned} \text{a. Berat 2 gr} &= \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\% \\ &= \frac{412,500 - 210,938}{412,500} \times 100\% \end{aligned}$$

$$= 48,863 \%$$

$$\begin{aligned} \text{b. Berat 3 gr} &= \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\% \\ &= \frac{342,188 - 121,875}{342,188} \times 100\% \end{aligned}$$

$$= 56,819 \%$$

$$= 56,819 \%$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Berat 5 gr} &= \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\% \\
 &= \frac{412,500 - 178,125}{121,875} \times 100\% \\
 &= 64,383 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{d. Berat 7 gr} &= \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\% \\
 &= \frac{412,500 - 173,438}{412,500} \times 100\% \\
 &= 57,954 \%
 \end{aligned}$$

8.2 Persen Penurunan COD Pada Optimasi pH

Tabel 18. Hasil penurunan COD pada optimasi pH

No	pH	Berat Abu Layang (gr)	COD mula-mula (gr/L)	COD ahir (gr/L)	Penurunan COD (gr/L)	Penurunan COD (%)
1.	3	5	365,625	89,062	276,563	75,641
2.	4	5	365,625	79,688	285,937	78,205
3.	6	5	370,312	107,812	262,500	70,886
4.	8	5	365,625	112,500	253,125	69,231
5.	10	5	403,125	131,250	271,875	67,442
6.	12	5	379,688	126,562	253,126	66,667

$$\begin{aligned}
 \text{a. pH 3} &= \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\% \\
 &= \frac{365,625 - 89,062}{365,625} \times 100\% \\
 &= 75,641 \%
 \end{aligned}$$

b. pH 4

$$= \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\%$$

$$= \frac{365,625 - 79,688}{365,625} \times 100\%$$

$$= 78,205 \%$$

c. pH 6

$$= \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\%$$

$$= \frac{370,312 - 107,812}{370,312} \times 100\%$$

$$= 70,886 \%$$

d. pH 8

$$= \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\%$$

$$= \frac{365,625 - 112,500}{365,625} \times 100\%$$

$$= 69,231 \%$$

e. pH 10

$$= \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\%$$

$$= \frac{403,125 - 131,250}{403,125} \times 100\%$$

$$= 67,442 \%$$

f. pH 12

$$= \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\%$$

$$= \frac{379,688 - 126,562}{379,688} \times 100\%$$

$$= 66,667 \%$$

8.3 Persen Penurunan COD Pada Optimasi Waktu Kontak

Tabel 19. Hasil penurunan COD pada optimasi waktu kontak

No	Waktu Kontak (menit)	Berat Abu Layang (gr)	pH	COD mula-mula (gr/ L)	COD ahir (gr/ L)	Penurunan COD (gr/L)	Penurunan COD (%)
1.	30	5	4	403,125	154,688	248,437	61,628
2.	120	5	4	398,438	89,062	309,376	77,644
3.	180	5	4	379,688	56,250	323,438	85,185
4.	240	5	4	412,500	51,562	360,938	87,500
5.	300	5	4	379,688	46,875	332,813	85,284

a. Waktu Kontak 30 menit

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\% \\
 &= \frac{403,125 - 154,688}{403,125} \times 100\% \\
 &= 61,628 \%
 \end{aligned}$$

b. Waktu Kontak 120 menit

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\% \\
 &= \frac{398,438 - 89,062}{398,438} \times 100\% \\
 &= 77,644 \%
 \end{aligned}$$

c. Waktu Kontak 180 menit

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\% \\
 &= \frac{379,688 - 56,250}{379,688} \times 100\% \\
 &= 85,185 \%
 \end{aligned}$$

d. Waktu Kontak 240 menit

$$= \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\%$$

$$= \frac{412,500 - 51,562}{412,500} \times 100\%$$

$$= 87,500 \%$$

e. Waktu Kontak 300 menit

$$= \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\%$$

$$= \frac{379,687 - 46,875}{379,687} \times 100\%$$

$$= 85,284 \%$$

8.3. Persen Penurunan COD Pada hubungan Antara Konsentrasi COD Awal Terhadap Berat Abu Layang

8.3.1. Persen Penurunan COD Pada Hubungan Antara Konsentrasi COD Awal Terhadap Berat Abu Layang A

Tabel 20. Hasil persen penurunan COD pada hubungan antara konsentrasi COD awal terhadap berat abu layang A

No	Berat Abu Layang (gr)	pH	Waktu Kontak (menit)	COD mula-mula (gr/ L)	COD ahir (gr/ L)	Penurunan COD (gr/L)	Penurunan COD (%)
1.	2	4	240	365,625	145,312	220,313	60,256
2.	3	4	240	365,625	121,875	243,750	66,667
3.	5	4	240	365,625	65,625	300,000	82,051
4.	7	4	240	365,625	79,688	285,937	78,205

$$\text{a. Berat 2 gr} = \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\%$$

$$= \frac{365,625 - 145,312}{365,625} \times 100\%$$

$$= 60,256 \%$$

$$\text{b. Berat 3 gr} = \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\%$$

$$= \frac{365,625 - 121,875}{365,625} \times 100\%$$

$$= 66,667 \%$$

$$\text{c. Berat 5 gr} = \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\%$$

$$= \frac{365,625 - 65,625}{365,625} \times 100\%$$

$$= 82,051 \%$$

$$\text{d. Berat 7 gr} = \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\%$$

$$= \frac{365,625 - 79,688}{365,625} \times 100\%$$

$$= 78,205 \%$$

8.3.2 Persen Penurunan COD Pada Hubungan Antara Konsentrasi COD Awal Terhadap Berat Abu Layang B

Tabel 21. Hasil persen penurunan COD pada hubungan antara konsentrasi COD awal terhadap berat abu layang B

No	Berat Abu Layang (gr)	pH	Waktu Kontak (menit)	COD mula-mula (gr/ L)	COD akhir (gr/ L)	Penurunan COD (gr/L)	Penurunan COD (%)
1.	2	4	240	370,312	140,625	229,687	62,025
2.	3	4	240	370,312	117,188	253,124	68,354
3.	5	4	240	370,312	60,938	309,374	83,544
4.	7	4	240	370,312	70,312	300,000	81,013

a. Berat 2 gr

$$= \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\%$$

$$= \frac{370,312 - 140,625}{370,312} \times 100\%$$

$$= 62,025 \%$$

b. Berat 3 gr

$$= \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\%$$

$$= \frac{370,312 - 117,188}{370,312} \times 100\%$$

$$= 68,354 \%$$

c. Berat 5 gr

$$= \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\%$$

$$= \frac{370,312 - 60,938}{370,312} \times 100\%$$

$$= 83,544 \%$$

$$\begin{aligned}
 \text{d. Berat 7 gr} &= \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\% \\
 &= \frac{370,312 - 70,312}{370,312} \times 100\% \\
 &= 81,013 \%
 \end{aligned}$$

8.3.3. Persen Penurunan COD Pada Hubungan Antara Konsentrasi COD Awal Terhadap Berat Abu Layang C

Tabel 22. Hasil persen penurunan COD pada hubungan antara konsentrasi COD awal terhadap berat abu layang dan persen penurunan COD C

No	Berat Abu Layang (gr)	pH	Waktu Kontak (menit)	COD mula-mula (gr/ L)	COD ahir (gr/ L)	Penurunan COD (gr/L)	Penurunan COD (%)
1.	2	4	240	389,062	145,312	243,75	62,651
2.	3	4	240	389,062	117,188	271,874	69,880
3.	5	4	240	389,062	60,937	328,125	84,337
4.	7	4	240	389,062	75,000	314,062	80,723

$$\begin{aligned}
 \text{a. Berat 2 gr} &= \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\% \\
 &= \frac{389,062 - 145,312}{389,062} \times 100\% \\
 &= 62,651 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. Berat 3 gr} &= \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\% \\
 &= \frac{389,062 - 117,188}{389,062} \times 100\% \\
 &= 69,880 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Berat 5 gr} &= \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\% \\
 &= \frac{389,062 - 60,937}{389,062} \times 100\% \\
 &= 84,337 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{d. Berat 7 gr} &= \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\% \\
 &= \frac{389,062 - 75,000}{389,062} \times 100\% \\
 &= 80,723 \%
 \end{aligned}$$

8.3.4. Persen Penurunan COD Pada Hubungan Antara Konsentrasi COD Awal Terhadap Berat Abu Layang D

Tabel 21. Hasil persen penurunan COD pada hubungan antara konsentrasi COD awal terhadap berat abu layang D

No	Berat Abu Layang (gr)	pH	Waktu Kontak (menit)	COD mula-mula (gr/L)	COD ahir (gr/L)	Penurunan COD (gr/L)	Penurunan COD (%)
1.	2	4	240	407,812	131,250	276,562	67,816
2.	3	4	240	407,812	112,500	295,312	72,414
3.	5	4	240	407,812	51,562	356,250	87,356
4.	7	4	240	407,812	79,688	328,124	80,460

$$\begin{aligned}
 \text{a. Berat 2 gr} &= \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\% \\
 &= \frac{407,812 - 131,250}{407,812} \times 100\% \\
 &= 67,816 \%
 \end{aligned}$$

b. Berat 3 gr

$$= \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\%$$
$$= \frac{407,812 - 112,500}{407,812} \times 100\%$$
$$= 72,414 \%$$

c. Berat 5 gr

$$= \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\%$$
$$= \frac{407,812 - 51,562}{407,812} \times 100\%$$
$$= 87,356 \%$$

d. Berat 7 gr

$$= \frac{\text{COD mula - mula (mg/L)} - \text{COD ahir (mg/L)}}{\text{COD mula - mula (mg/L)}} \times 100\%$$
$$= \frac{407,812 - 79,688}{407,812} \times 100\%$$
$$= 80,460 \%$$