



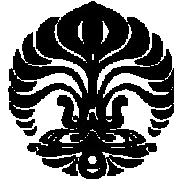
UNIVERSITAS INDONESIA

**APLIKASI TEKNIK KOMBINASI ADSORBSI-ELEKTROLISIS
UNTUK MENURUNKAN COD DALAM LIMBAH INDUSTRI
BAHAN KIMIA SANITASI PT.PROTEKINDO SANITA
JAKARTA**

TESIS

**AMIN FATKHURROHMAN
NPM: 0806421666**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI KIMIA
DEPOK
DESEMBER 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**APLIKASI TEKNIK KOMBINASI ADSORBSI-ELEKTROLISIS
UNTUK MENURUNKAN COD DALAM LIMBAH INDUSTRI
BAHAN KIMIA SANITASI PT.PROTEKINDO SANITA
JAKARTA**

TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Magister sains Ilmu Kimia**

**AMIN FATKHURROHMAN
NPM: 0806421666**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI KIMIA
DEPOK
DESEMBER 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Amin Fatkhurohman

NPM : 0806421666

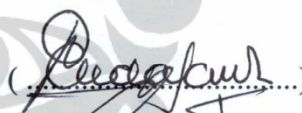
Tanda Tangan :

Tanggal :

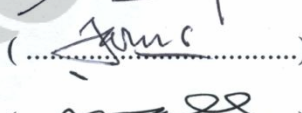
HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Amin Fatkhurrohman
NPM : 0806421666
Program Studi : Magister Ilmu Kimia
Judul Tesis : Aplikasi Teknik Kombinasi Adsorpsi dan
Elektrolisis untuk Menurunkan COD dalam
Limbah Industri Bahan Kimia Sanitasi
PT.Protekindo – Jakarta

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

Pembimbing 1 : Dr. rer. nat. Widayanti Wibowo ()

Penguji 1 : Prof. Dr. Endang Asijati W, M.Sc ()

Penguji 2 : Dr. Jarnuzi Gunlazuardi ()

Penguji 3 : Dr. Ivandini Tribidasari A ()

Penguji 4 : Dr. Asep Saefumillah, M.Si ()

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sience Jurusan Kimia pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Dr. rer. nat. Widayanti Wibowo, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini;
- (2) Pihak PT. Protekindo Sanita Jakarta yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan; khususnya bapak Nurhadi dan mas Agus protek.
- (3) Bapak – ibu dosen departemen kimia FMIPA Universitas Indonesia yang telah banyak memberikan ilmu dan pengetahuannya kepada saya
- (4) Rekan guru dan karyawan SMA 32 Jakarta, yang telah membntu menyelesaikan tugas-tugas kedinasan saya sebagai guru.
- (5) Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral.
- (6) Bang do,wahyu,parno,mbak lili, yanti, yeni dan rida yang telah banyak memberi semangat.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Penulis

2010

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

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

Nama : Amin Fatkhurrohman
NPM : 0806421666
Program Studi : Magister Ilmu Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Tesis
Judul Tesis : Aplikasi Teknik Kombinasi Adsorpsi - Elektrolisis untuk Menurunkan COD dalam Limbah Industri Bahan Kimia Sanitasi PT.Protekindo Sanita Jakarta

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

Aplikasi Teknik Kombinasi Adsorpsi dan Elektrolisis untuk Menurunkan COD dalam Limbah Industri Bahan Kimia Sanitasi PT.Protekindo – Jakarta

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di :
Pada tanggal :
Yang menyatakan

(Amin Fatkhurrohman)

ABSTRAK

Nama : Amin Fatkhurrohman
Program Studi : Kimia
Judul : Aplikasi Teknik Kombinasi Adsorpsi dan Elektrolisis untuk Menurunkan COD dalam Limbah Industri Bahan Kimia Sanitasi PT. Protekindo Sanita Jakarta

Aplikasi teknik kombinasi adsorpsi dan elektrolisis untuk menurunkan COD dalam limbah industri bahan kimia sanitasi PT. Protekindo Sanita Jakarta. COD (Chemical Oxygen Demand) adalah parameter untuk menunjukkan kebutuhan oksigen sebagai pengoksidasi komponen organik yang terlarut dalam air. Berdasarkan penelitian sebelumnya, teknik kombinasi adsorpsi-elektrolisis dapat menurunkan kadar COD dalam air limbah hampir mencapai 100%. Teknik kombinasi adsorpsi-elektrolisis yang diterapkan dalam penelitian ini menggunakan sistem batch, dengan modifikasi reaktor serta menggunakan elektroda Pb. Sementara itu, untuk menentukan kandungan COD, menggunakan metode dikromat (standarat), tetapi dilakukan inovasi pada reaktor pendistribusinya. Ada empat keunggulan pada reaktor COD MAHIR yakni mudah dioperasikan, ekonomis dalam penggunaan bahan kimia, ramah lingkungan serta akurasi dapat diandalkan.

Kata kunci : Adsorpsi-elektrolisis, COD, reaktor COD MAHIR

ABSTRACT

Adsorption electrolysis combination technique way applied to reduce the COD content in the water of PT Protekindo Sanita, Jakarta. The COD parameter indicated the chemical oxygen demand to oxydize organic component dissolved in water. Based on the previous study, a combination of adsorption and electrolysis technique in caused reduce the COD content in water almost 100%. The combination technique was applied in this research using modified batch reactor with Pb-electrode. Meanwhile, to determine the COD content, the organic materials are destructed using bi-chroniate solution matters, which was conducted on an innovated. There are four targeted benefits, which are easy operated, economical chemical usage, environmental friendly and reliable in accuracy.

Key Words : Adsorption-Electrolysis, COD, reaktor COD MAHIR

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	iv
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB 1 .PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.1.1. Pencemaran Air	2
1.1.2. Parameter dan standar kualitas air	2
1.1.3. Penanggulangan Pencemaran Air	3
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
BAB 2.TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Adsorpsi	6
2.1.1. Efektivitas adsorpsi	8
2.1.2. Isoterm Adsorpsi	8
2.2. Karbon Aktif	9
2.3. Timbal	10
2.3.1. Sejarah Timbal.	10
2.3.2. Sifat-sifat Timbal.	10
2.3.3. Bentuk Timbal	10
2.3.4. Kegunaan.	11
2.4. Kebutuhan Oksigen Kimia, <i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	11
2.5. Elektrokimia	12
2.5.1. Elektroda	13
2.5.2. Elektrolit	14
2.5.3. Sel Volta	15

2.5.4. Sel Elektrolisis	15
2.6. Teknik Kombinasi Adsorpsi – elektrolisis	16
2.7. Derajat Keasaman (pH)	18
2.8. PT. Protekindo Sanita Jakarta	19
2.9. Spektrofotometer Serapan Atom (AAS)	21
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	23
3. 1. Alat dan Bahan	23
3.1. 1. Alat	23
3.1.2. Bahan	23
3.2. Cara Kerja	24
3.2.1. Cara pembuatan Reaktor COD MAHIR	24
3.2.2 Pembuatan Reaktor Adsorpsi elektrolisa.	26
3.2.2.1. Mini reaktor	26
3.2.2.2. Reaktor Adsorpsi Elektrolisis.	26
3.3. Penentuan Chemical Oxygen Demond (COD)	29
3.3.1. Penentuan Chemical Oxygen Demond (COD) Sampel.....	29
3.3.2. Penentuan Chemical Oxygen demond (COD) blangko.....	29
3.4. Aktivasi Adsorben	29
3.5. Uji Kandungan Timbal	30
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1. Aktivasi Arang Kayu Gelam	31
4. 2. Pembuatan jaring timbal	32
4.3. Pembuatan kerangka (rumah) reaktor adsorpsi-elektrolisis.....	34
4.4. Penelitian awal	35
4.4.1. Perbandingan pengukuran COD dengan reaktor COD MAHIR dan COD teoritis terhadap sampel sintetis	35
4.4.2. Perbandingan kandungan COD hasil degradasi dengan adsorben arang aktif, elektrolisis dan kombinasi adsorpsi-elektrolisis.	37
4.4.3. Uji Mini reaktor adsorpsi-elektrolisis.	40
4.5. Aplikasi reaktor Adsorpsi-elektrolisa.	46
4.6. Pembahasan COD dan pH	48
4.7. Uji Kandungan Logam Timbal (Pb) dalam Sampel	54

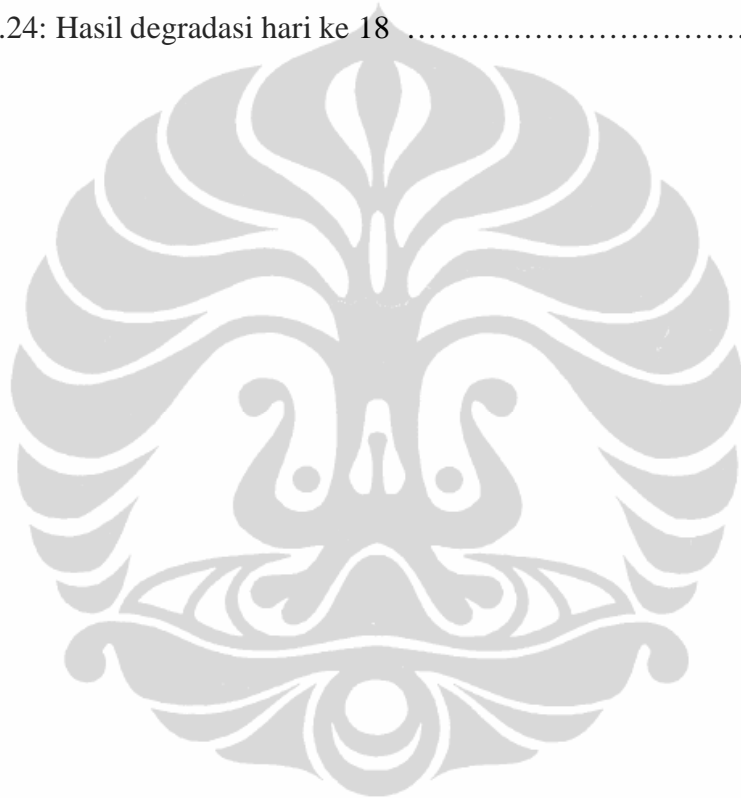
BAB 5. KESIMPULAN	57
5.1. Kesimpulan	57
5.2. Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	58



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Gambar 2.1: Mekanisme adsorbs	9
2. Gambar2.2 : Kurva teknik kombinasi adsorpsi-oksidasi	16
3. Gambar.3.1 : Kerangka reaktor.....	24
4. Gambar.3.2 : Reaktor (tampak samping dan atas), Jaring Timbal dan Arang kayu gelam	25
5. Gambar 3.3: Penampang samping dan atas bak pemroses	25
6. Gambar 3.4a-4b: Bak penampungan limbah PT. Protekindo Jakarta yang dipergunakan sat ini.....	26
7. Gambar 3.5: Kolam penampungan ahir limbah.....	26
8. Gambar 3.6: Kurva waktu optimum adsorpsi	27
9. Gambar 3.7: Reaktor COD nampak atas	28
10. Gambar 3.8: elemen pemanas	28
11. Gambar 3.9: Rak tabung kultur	29
12. Gambar 3.10: Isolator keramik (gerabah)	29
13. Gambar 4.1: Mekanisme aktivasi adsorben	31
14. Gambar.4.2: Aktivasi arang kayu gelam	31
15. Gambar 4.3: Komponen mini reaktor	32
16. Gambar 4.4: Perubahan warna sampel pada proses titrasi dengan FAS	33
17. Gambar 4.5: Uji COD pada potensial 6 volt	37
18. Gambar 4.6: Uji COD pada potensial 9 volt	38
19. Gambar 4.7: penurunan COD untuk potensial 6 volt	39
20. Gambar 4.8: penurunan COD untuk potensial 9 vol	39
21. perubahan pH (pada potensial 6 volt)	40
22. Gambar 4.10: perubahan pH (pada potensial 9 volt)	40
23. Gambar 4.11:Lempeng Timbal	41
24. Gambar 4.12: Cetakan jaring timbal	41
25. Gambar 4.13: Proses pencetakan jaring timbal	41
26. Gambar 4.14: Kerangka (rumah) reaktor adsorbsi-elektrokilisis.....	42
27. Gambar 4.15: Reaktor adsorbs-elektrolisa	42
28. Gambar 4.16: Limbah kemasan bahan kimia	43

29. Gambar 4.17a-17b: Tampak luar dan dalam, galon kemasan aquades	43
30. Gambar 4.18: Reaktor Adsorpsi-elektrolisis dan bak reaktor	44
31. Gambar 4.19: Kurva perbandingan potensial pada oksidasi elektrokimia senyawa organik	45
32. Gambar 4.20: Hubungan COD dengan waktu selama 24 jam hari ke-1	46
33. Gambar 4,21: perubahan pH hari ke 1	47
34. Gambar 4,22: perbandingan COD satu bulan pertama	49
35. Gambar 4.23a,33b,23c: Beberapa contoh limbah PT. Protekindo Sanita	49
36. Gambar 4.24: Hasil degradasi hari ke 18	50



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tabel 4.1: Data hasil titrasi sampel dengan FAS, pada potensial 6 volt dan waktu yang bervariasi	34
2. Tabel 4.2 : Data hasil titrasi sampel dengan FAS, pada potensial 9 volt dan waktu yang bervariasi	35
3. Tabel 4. 3: hasil pengukuran COD dengan mini reaktor	37
4. Tabel.4.4. persentase pengurangan COD dengan reaktor mini	38
5. Tabel 4.5: data COD hari ke 1	46
6. Tabel 4.6 : data hasil degradasi adsorbs-elektrolisis bulan ke 1	47
7. Tabel 4.7: Analisa kandungan Pb dalam sampel	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran	
1. Diagram alur kerja	62
2. Data Uji COD PT. Protekindo sanita Jakarta April-Mei 2009.....	63
3. Baku mutu limbah industry sabun	65
4. Data COD hasil adsorbs oleh arang kayu gelam	67
5. Data COD hasil elektrolisis dengan elektroda timbal (Pb)	70
6. Data COD hasil teknik kombinasi adsorbs-elektrolisis	79
7. Data perhitungan COD hasil adsorbsi-elektrolisis di pabrik bahan kimia Sanitasi PT.Protekindo Sanita Jakarta	71
8. Data hasil analisis AAS terhadap kandungan timbal (Pb)	80
9. Data uji COD dengan metode spektrofotometer	82
10. Data Kandungan COD teoritis beberapa senyawa organic	84
11. Data hasil titrasi pada penelitian awal	85

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia H_2O , satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) dan temperatur 273,15 K (0 °C). Zat kimia ini merupakan suatu pelarut yang penting, yang memiliki kemampuan untuk melarutkan banyak zat kimia lainnya, seperti garam-garam, basa, asam, beberapa jenis gas dan bermacam-macam molekul organik. Air adalah suatu zat kimia yang penting bagi semua bentuk kehidupan yang diketahui sampai saat ini di bumi, tetapi tidak di planet lain (Sitepoe, Maangku. 1997).

Air merupakan senyawa yang paling berlimpah dalam sistem hidup dan mencakup 70% atau lebih dari bobot semua kehidupan. Air menutupi hampir 71% permukaan bumi. Terdapat 1,4 triliun kilometer kubik (330 juta mil³) tersedia di bumi (Sumestri, Sri, 2008).

Air sebagian besar terdapat di laut (air asin) dan pada lapisan-lapisan es (di kutub dan puncak-puncak gunung), akan tetapi air juga dapat hadir sebagai awan, hujan, sungai, air permukaan, air danau, uap air, dan lautan es. Air dalam obyek-obyek tersebut bergerak mengikuti suatu siklus air, yaitu: melalui penguapan, hujan, dan aliran air di atas permukaan tanah (meliputi mata air, sungai, muara) menuju laut. Air bersih penting bagi kehidupan manusia. Namun demikian banyak tempat di dunia terjadi kekurangan persediaan air. Selain di bumi, sejumlah besar air juga diperkirakan terdapat pada kutub utara dan selatan, planet mars, serta pada bulan. Air dapat berwujud padatan (es), cairan dan gas (Sitepoe, Mangku. 1997).

Air merupakan satu-satunya zat yang secara alami terdapat di permukaan bumi dalam ketiga wujudnya tersebut . Pengaturan air yang kurang baik dapat menyebabkan kekurangan air, monopolisasi serta privatisasi

dan bahkan menyulut konflik. Menurut sumber lain, kandungan air dalam otak 83%, ginjal 82%, jantung 79%, paru-paru 80%, tulang 22%, dan darah 90%. Bila kandungan air dalam masing-masing organ tersebut tetap dipertahankan sesuai kebutuhan, maka organ tersebut akan tetap sehat. Sebaliknya bila menurun, fungsinya juga akan menurun dan lebih mudah terganggu oleh bakteri, virus, dan lain-lain. Maka bisa dibayangkan betapa besar peran air dalam tubuh kita.

1.1.1. Pencemaran Air

Pencemaran air adalah suatu perubahan keadaan (kimia, fisik atau biologi) di suatu tempat penampungan air seperti danau, sungai, lautan dan air tanah akibat aktivitas manusia. Walaupun fenomena alam seperti gunung berapi, badai, gempa bumi dan lain-lain juga mengakibatkan perubahan yang besar terhadap kualitas air, hal ini tidak dianggap sebagai pencemaran. Pencemaran air terjadi apabila dalam air terdapat berbagai macam zat atau kondisi (misal: panas) yang dapat menurunkan standar kualitas air yang telah ditentukan, sehingga tidak dapat digunakan untuk kebutuhan tertentu (karmono, cahyono, 1978). Suatu sumber air dikatakan tercemar tidak hanya karena tercampur dengan bahan pencemar, akan tetapi apabila air tersebut tidak sesuai dengan kebutuhan tertentu, Sebagai contoh suatu sumber air yang mengandung logam berat atau mengandung bakteri penyakit masih dapat digunakan untuk kebutuhan industri atau sebagai pembangkit tenaga listrik, akan tetapi tidak dapat digunakan untuk kebutuhan rumah tangga (keperluan air minum, memasak, mandi dan mencuci).

Air yang dibuang dari proses industri banyak mengandung senyawa organik yang akan menyebabkan pencemaran pada badan air penerima, berupa penurunan kadar oksigen terlarut, merangsang pertumbuhan tanaman air, memunculkan toksisitas terhadap kehidupan air, masalah bahaya kesehatan masyarakat, dan mempengaruhi kelayakan untuk penggunaan kembali air (Sutrisno, 2004). Selain itu limbah cair industri

dapat pula menimbulkan bau yang mengganggu bagi masyarakat sehingga dapat menurunkan nilai estetika.

1.1.2. Parameter dan standar kualitas air

Telah kita ketahui bahwa sumber air dikatakan tercemar apabila mengandung bahan pencemar yang dapat menurunkan kualitas air, sehingga mengganggu kesejahteraan makhluk hidup (hewan, manusia, tumbuh-tumbuhan) dan lingkungan (Sitepoe, Mangku. 1997).

Akan tetapi air yang mengandung bahan pencemar tertentu dikatakan tercemar untuk keperluan tertentu, misalnya untuk keperluan rumah tangga belum tentu dapat dikatakan tercemar untuk keperluan lain. Dengan demikian standar kualitas air untuk setiap keperluan akan berbeda, bergantung pada penggunaan air tersebut, untuk keperluan rumah tangga berbeda dengan standar kualitas air untuk keperluan lain seperti untuk keperluan pertanian, irigasi, pembangkit tenaga listrik dan keperluan industri (Peraturan pemerintah republik indonesia nomor 82 tahun 2009 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. 2009).

1.1.3. Penanggulangan Pencemaran Air

Produsen bahan kimia sanitasi pada umumnya mempunyai permasalahan dengan tingginya kandungan COD pada air limbahnya. Ada beberapa cara untuk mengurangi kadar COD limbah pabrik kimia sanitasi. Diantaranya aerasi, elektrolisis, dan adsorpsi. Sedangkan adsorben yang banyak digunakan untuk mengurangi kandungan bahan organik dalam air adalah dengan menggunakan arang aktif. Arang aktif banyak dipilih sebagai adsorben karena memiliki energi adsorpsi yang rendah, luas permukaan spesifik tinggi, tidak berasa, tidak beracun, tidak berbau dan mudah diregenerasi (Activated Carbon, 2010).

Pada penelitian ini digunakan teknik kombinasi adsorpsi dan elektrolisis. Teknik ini adalah gabungan antara teknik adsorpsi dan teknik

oksidasi secara elektrolisis. Kondisi optimal yang didapatkan pada teknik adsorpsi dan oksidasi diterapkan pada teknik kombinasi. Dengan teknik kombinasi ini diharapkan penurunan kandungan COD limbah industri sanitasi PT. Protekindo Sanita Jakarta lebih signifikan dan juga terjadi proses regenerasi arang aktif yang dipergunakan sebagai adsorben. Adsorben yang dipergunakan adalah arang yang terbuat dari kayu gelam. Arang ini memiliki daya hantar yang relatif lebih bagus serta harganya lebih murah dibandingkan karbon aktif. Penggunaan arang ini juga dimaksudkan untuk mengoptimalkan penggunaan hasil alam asli Indonesia. Sedangkan elektroda yang dipergunakan dalam elektrolisis adalah logam timbal (timah hitam). Timbal memiliki daya hantar listrik yang baik, selain itu mudah dibentuk dan harganya relatif murah.

Untuk menurunkan kandungan COD dibuat reaktor adsorpsi-elektrolisis skala industri yang akan diaplikasikan langsung pada pengolahan limbah cair industri bahan Kimia sanitasi pada PT. Protekindo Sanita Jakarta, serta akan dilakukan pengamatan kondisi optimum untuk sistem batch, antara lain : desain reaktor, bentuk elektroda, jumlah arang, waktu kontak, potensial listrik dan faktor lain yang dapat mempercepat penurunan COD.

1.2. Rumusan Masalah

Penelitian ini adalah penelitian lanjutan yang sebelumnya telah dilakukan oleh peneliti lain dalam skala laboratorium. Pada penelitian sebelumnya telah dicoba secara simultan penggunaan teknik kombinasi-adsorpsi dan dilaporkan dapat menurunkan COD limbah industri bahan kimia sanitasi. Penelitian sebelumnya dipergunakan logam platina (Pt) sebagai elektroda. Pada penelitian ini dipilih elektroda jaring timbal (Pb). Dengan demikian masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :
“ Adakah teknik kombinasi adsorpsi-elektrolisis dengan menggunakan arang kayu gelam sebagai adsorben dan logam timbal sebagai elektroda dapat menurunkan kandungan COD limbah industry pabrik bahan kimia sanitasi pada PT. Protekindo Sanita Jakarta?”.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan :

1. Menentukan desain reaktor yang dapat bekerja secara optimal untuk menurunkan COD limbah bahan kimia sanitasi pada PT. Protekindo Sanita Jakarta
2. Mengaplikasikan reaktor untuk menurunkan COD limbah industri bahan kimia sanitasi pada PT. Protekindo Sanita Jakarta.
3. Membuat desain reaktor pengukuran COD yang dapat dioperasikan dengan mudah oleh karyawan pabrik serta ramah lingkungan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

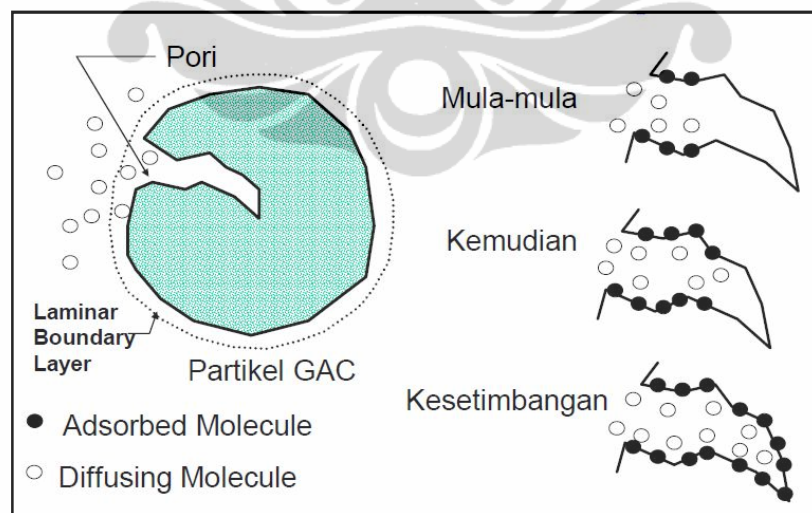
2.1. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan gejala pengumpulan molekul-molekul dari suatu zat pada permukaan atau antar muka dari zat yang melakukan kontak karena adanya gaya van der Waals. Zat yang menyerap disebut adsorben sedangkan zat yang diserap disebut adsorbat (Atkins, P.W. 2007).

Absorpsi adalah proses adhesi yang terjadi pada permukaan suatu zat padat atau cair yang berkontak dengan media lainnya, sehingga menghasilkan akumulasi atau bertambahnya konsentrasi molekul-molekul yang diserap oleh adsorben. (Benny Syahputra, 2005).

Suatu permukaan padatan yang bersentuhan dengan larutan senyawa organik akan menyebabkan molekul-molekul terlarut membentuk suatu film (lapisan tipis) pada permukaan padatan. Ikatan hidrogen dan gaya *Van Der Waals* menyebabkan bahan yang teradsorpsi berkumpul pada permukaan adsorben (Atkins, P.W. 2007).

Adsorpsi molekul organik pada suatu adsorben digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.1 : Mekanisme adsorpsi

Adsorpsi terjadi karena setiap molekul pada permukaan mempunyai energi yang besar sehingga membentuk tegangan permukaan, akibatnya molekul pada permukaan mempunyai energi bebas yang lebih

besar dibandingkan molekul dibawah permukaan. Molekul pada permukaan selalu berusaha mendapatkan energi bebas serendah mungkin maka, permukaan akan menyerap fasa yang tegangan permukaannya lebih rendah untuk menurunkan energi bebasnya (Sukarjo.1997)

Dapat ditarik kesimpulan ,adsorpsi ialah pengumpulan zat terlarut di permukaan media dan merupakan jenis adhesi yang terjadi pada zat padat atau zat cair yang kontak dengan zat lainnya. Proses ini menghasilkan akumulasi konsentrasi zat tertentu di permukaan media setelah terjadi kontak antarmuka atau bidang batas cairan dengan cairan, cairan dengan gas atau cairan dengan padatan dalam waktu tertentu. Contohnya antara lain dehumidifikasi, yaitu pengeringan udara dengan penyerap, pemisahan zat yang tidak diinginkan dari udara atau air menggunakan karbon aktif, ion exchanger untuk zat terlarut di dalam larutan dengan ion dari media exchanger.

Berdasarkan interaksi antara adsorben dengan adsorbat, adsorpsi dibedakan menjadi tiga macam.

- Yang pertama disebut chemisorption, terjadi karena ikatan kimia (chemical bonding) antara molekul zat terlarut (solute) dengan molekul adsorban. Adsorpsi ini bersifat sangat eksotermis dan tidak dapat berbalik (irreversible).
- Yang kedua, adsorpsi fisika (physical adsorption, terjadi karena gaya tarik molekul oleh gaya van der Waals dan
- yang ketiga disebut ion exchange (pertukaran ion), terjadi karena gaya elektrostatis.

Sedangkan berdasarkan cara perpindahannya, adsorpsi dibagi menjadi tiga,yaitu :

- Makrotransport: perpindahan zat pencemar, disebut juga adsorbat (zat yang diadsorpsi), di dalam air menuju permukaan adsorban.
- Mikrotransport: perpindahan adsorbat menuju pori-pori di dalam adsorban.
- Sorpsi: pelekatan zat adsorbat ke dinding pori-pori atau jaringan pembuluh kapiler mikroskopis.

2.1.1. Efektivitas adsorpsi

Efektivitas adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

- Jenis adsorben, contohnya arang batok, batubara (antrasit), arang kayu keras atau sekam. Masing-masing material tersebut memiliki efektifitas mengadsorpsi yang berbeda-beda.
- Temperatur lingkungan (udara, air, cairan), proses adsorpsi makin baik jika temperaturnya makin rendah.
- Jenis adsorbat, apabila suatu adsorbat makin mudah larut, maka adsorbat tersebut makin sulit diadsorpsi dan sebaliknya.

Pada proses adsorpsi dengan arang aktif, berdasarkan jenis adsorbatnya tingkat adsorpsi digolongkan menjadi tiga, yaitu :

- Lemah (weak), terjadi pada zat anorganik kecuali golongan halogen (salah satunya adalah klor).
- Menengah (medium), terjadi pada zat organik alifatik .
- Kuat (strong) terjadi pada senyawa aromatik (zat organik yang berbau (aroma) dengan struktur benzena, C₆H₆).

2.1.2. Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi adalah proses kesetimbangan dinamik yang terjadi antara adsorbat pada permukaan permukaan adsorben. Pada keadaan kesetimbangan, terjadi distribusi yang setimbang antara adsorbat pada fase cair dan padatan. Isoterm adsorpsi menunjukkan hubungan antara jumlah zat yang diadsorpsi oleh adsorben dengan tekanan atau konsentrasi pada keadaan kesetimbangan dan temperatur tetap. Isoterm adsorpsi Langmuir mengacu pada adsorpsi monolayer yang diasumsikan bahwa tempat adsorpsi bersifat homogen, dengan persamaan :

$$\frac{x}{m} = \frac{k_1 \cdot c}{1 + k_2}$$

dengan c : konsentrasi adsorbat pada keseimbangan (mg/ L)

x : jumlah adsorbat yang diadsorpsi oleh adsorben (mg, g)

m : berat adsorben (mg, g)

k_1, k_2 : konstanta

Hubungan antara jumlah massa adsorbat yang diserap oleh karbon aktif per massa karbon aktif pada kesetimbangan dapat ditunjukkan oleh persamaan Freundlich sebagai berikut :

$$\frac{x}{m} = k C^{1/n}$$

dengan x : jumlah adsorbat pada permukaan (mg, g)

m : jumlah adsorben (mg, g)

C : konsentrasi pada keseimbangan (mg/ L)

k : konstanta daya adsorpsi

n : konstanta kehomogenan

Jadi x/m adalah nilai yang menggambarkan banyaknya adsorbat yang diadsorpsi per satuan berat adsorben jika adsorben berada dalam keseimbangan dengan konsentrasi adsorbat (Atkin.P.W. 1997).

2.2. Karbon Aktif

Salah satu adsorban yang biasa dipergunakan dalam pengolahan air minum (juga air limbah) adalah karbon aktif atau arang aktif. Arang ini digunakan untuk menghilangkan bau, warna dan rasa air termasuk ion-ion logam berat. Karena merupakan fenomena permukaan maka semakin luas permukaan kontakannya, maka makin tinggi pula efisiensi pengolahannya. Syarat ini dapat dipenuhi oleh arang yang sudah diaktifkan sehingga menjadi porus dan kaya saluran kapiler. Yang belum aktif, ruang kapilernya masih ditutupi oleh pengotor berupa zat organik dan anorganik. Proses pembuatan arang aktif, tahap pertama, pembuatan arang dari kayu, arang ini kemudian diaktifkan dengan cara pemanasan pada kondisi sedikit oksigen agar hidrokarbonnya lepas. Hasilnya berupa arang yang sangat porus sehingga luas permukaannya besar (Rajkumar, D dkk. 2004).

Arang aktif merupakan senyawa karbon amorph dan berpori yang mengandung 85-95% karbon yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon (batubara, kulit kelapa, dan sebagainya) atau dari karbon yang diperlakukan dengan cara khusus baik aktivasi kimia maupun fisika untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap karbon aktif sangat besar, yaitu 25- 1000% terhadap berat karbon aktif. Karena hal tersebut maka karbon aktif banyak digunakan oleh kalangan industri. Hampir 60% produksi karbon aktif di dunia ini dimanfaatkan oleh industri-industri gula dan pembersihan minyak dan lemak, kimia dan farmasi (M.T. Sembiring. 2003).

2.3.Timbal

2.3.1. Sejarah Timbal.

Timbal (lead) dalam bahasa Latin “plumbum”, Unsur ini telah lama diketahui dan disebutkan di kitab Exodus. Pada masa itu para alkemi mempercayai bahwa timbal merupakan unsur tertua dan diasosiasikan dengan planet Saturnus. Sumber Timbal didapatkan dari galena (PbS) dengan proses pemanggangan (Element Lead – Pb. 2010).

2.3.2. Sifat-sifat Timbal.

Timbal merupakan logam putih kebiru-biruan dengan pancaran yang terang. Ia sangat lunak, mudah dibentuk, *ductile*, dan konduktor listrik yang baik. Ia memiliki resistansi tinggi terhadap korosi. Pipa-pipa timbal dari jaman Romawi masih digunakan sampai sekarang. Unsur ini juga digunakan dalam kontainer yang mengandung cairan korosif seperti asam sulfat dan dapat juga dibuat lebih kuat dengan cara mencampurnya (alloy) dengan antimon atau logam lainnya.(Bentor ,Yinon.2009)

2.3.3. Bentuk Timbal

Timbal alami adalah campuran 4 isotop: ^{204}Pb (1.48%), ^{206}Pb (23.6%), ^{207}Pb (22.6%) dan ^{208}Pb (52.3%). Isotop-isotop timbal merupakan produk akhir dari tiga seri unsur radioaktif alami: ^{206}Pb untuk seri uranium, ^{207}Pb untuk seri aktinium, dan ^{208}Pb untuk seri torium. Sedangkan beberapa isotop timbal lainnya merupakan radioaktif. Campuran logam timbal termasuk solder dan berbagai logam antifriksi. Logam timbal dan timbal oksida banyak digunakan sebagai elektroda dalam baterai. Logam ini juga digunakan sebagai pipa, amunisi dan pembuatan (TEL) tetra etil timbal (Element Lead–Pb.2010).

2.3.4. Kegunaan.

Logam ini sangat efektif sebagai penyerap suara, juga digunakan sebagai tameng radiasi di sekeliling peralatan sinar-x dan reaktor nuklir dan digunakan sebagai penyerap getaran. Senyawa-senyawa timbal seperti timbal putih, karbonat, timbal putih yang tersublimasi, *chrome yellow* (krom kuning) digunakan secara ekstensif dalam cat. Tetapi beberapa tahun terakhir, penggunaan timbal dalam cat telah diperketat untuk mencegah bahaya bagi manusia.

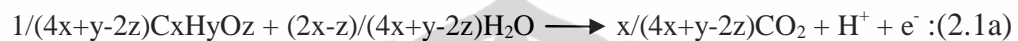
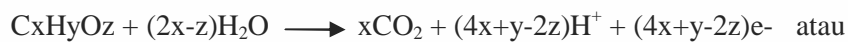
2.4. Kebutuhan Oksigen Kimia, *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Kebutuhan oksigen kimiawi atau Chemical Oxygen Demand (COD) adalah jumlah oksigen (mg O_2) yang diperlukan untuk mengoksidasi komponen-komponen polutan (organik) dalam air dengan cara kimia, yaitu dengan menambah bahan kimia pengoksidasi secara berlebih pada larutan. Kalium dikromat $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ banyak digunakan sebagai oksidator pada pengujian di laboratorium. Secara prinsip sebagian besar zat organik akan dioksidasi oleh $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ berlebih dalam keadaan asam yang dididihkan selama ± 2 jam, kemudian sisa $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dititrasi dengan Ferro ammonium sulfat (FAS). Reaksi yang berlangsung adalah sebagai berikut :



Angka COD akan menjadi ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alami dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air. Untuk senyawa organik yang hanya tersusun dari atom C, H dan O akan terjadi reaksi sebagai berikut:

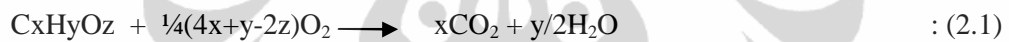
Reaksi oksidasi :



Reaksi reduksi :



Setelah persamaan reaksi (2.1a Dan 2.1b) digabung, didapatkan reaksi sebagai berikut :



Dari persamaan 2.1 dapat dituliskan, COD teoritis 1 (satu) mol senyawa organik $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ adalah setara dengan $\frac{1}{4}(4x+y-2z)$ mol O_2 . Jika diketahui massa molar $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ adalah $(12x + y + 16z)$ g. mol^{-1} dan massa molar oksigen adalah $\frac{1}{4}(4x+y-2z) 32 = 8(4x+y-2z)$ gram O_2 , maka dapat disimpulkan harga COD teoritis untuk setiap gram senyawa organik $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ seperti tertulis pada persamaan 2.2 :

$$\text{COD}_t = 8(4x+y-2z)/(12x+y+16z)\text{g} \text{ : (2.2)}$$

Pada uji kandungan COD dengan metode dikromat, apabila semua prosedur diikuti dengan baik serta memperhatikan dan mengontrol variabel-variabelnya, maka nilai COD hasil eksperimen tidak akan berbeda jauh dengan nilai COD teoritis. Dengan demikian persamaan (2.2) dapat dipergunakan untuk menghitung kandungan COD teoritis untuk berbagai senyawa organik yang rumus umumnya $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$.

2.5. Elektrokimia

Elektrokimia adalah cabang dari ilmu kimia yang mempelajari reaksi kimia yang disebabkan adanya pengaruh energi listrik dan produksi energi listrik karena adanya reaksi kimia atau reaksi yang terjadi pada permukaan penghantar listrik (Elektroda yang dibuat dari logam, semikonduktor maupun grafit) dan penghantar ion (elektrolit) yang melibatkan energi listrik. Reaksi elektrokimia melibatkan reaksi reduksi dan oksidasi yang terjadi pada elektroda yang berbeda dengan cara menghubungkannya dengan kawat sebagai penghantar ion. Metode elektrokimia digunakan untuk menganalisis suatu sampel dengan cara mengukur potensial, arus, hambatan dan menghubungkan ketiganya dengan suatu analit. Sinyal yang dihasilkan berasal dari reaksi oksidasi dan reduksi yang terjadi pada permukaan katoda. Pada elektrokimia terdapat dua macam sel, yaitu sel volta dan sel elektrolisis.

2.5.1. Elektroda

Elektroda adalah kutub-kutub listrik pada rangkaian sel elektrokimia. Pada rangkaian sel elektrokimia, elektroda terbagi menjadi 2 (dua) bagian, yaitu:

- Katoda

Katoda adalah elektroda tempat terjadinya reaksi reduksi, di mana terjadi penangkapan dan perpindahan elektron dari elektroda ke larutan.



- Anoda

Anoda adalah elektroda tempat terjadinya reaksi oksidasi sehingga akan terjadi pelepasan elektron dari larutan ke elektroda selama reaksi berlangsung.



Terdapat beberapa macam elektroda yaitu :

- o Elektroda Pembanding

Elektroda pembanding adalah elektroda yang potensialnya cukup konstan dan dipakai sebagai elektroda pengontrol terhadap potensial elektroda lainnya didalam sel elektrokimia. Nilai dari elektroda pembanding adalah konstan, sehingga setiap perubahan potensial pada elektroda pembanding dianggap berasal dari elektroda kerja. Elektroda pembanding harus memiliki syarat stabil terhadap waktu dan temperatur, dapat digunakan berulang kali, tidak terpolarisasi, dan pembuatannya mudah. Contoh elektroda pembanding adalah elektroda Ag/AgCl, Hg/Hg₂Cl₂, *standard hydrogen electrode* (SHE), atau *pseudo-reference* (kawat Pt, Ag).

o Elektroda Kerja

Elektroda kerja merupakan elektroda tempat terjadinya reaksi elektrokimia yang diamati. Elektroda kerja harus menghasilkan transfer elektron yang cepat. Elektroda ini umumnya terbuat dari logam, bahan semikonduktor, dan karbon. Elektroda logam yang umum digunakan adalah platina, emas, perak, maupun elektroda cair merkuri tetes. Sedangkan elektrode semikonduktor yang umum digunakan adalah Si dan Ga. Elektroda karbon terdiri atas beberapa jenis yaitu karbon pasta glassy carbon, dan grafit.

o Elektroda Pendukung

Elektroda pendukung adalah elektroda yang tidak mempunyai pengaruh terhadap reaksi yang terjadi pada elektroda kerja. Elektroda ini hanya berperan sebagai sumber elektron yang akan mengalirkan elektron menuju elektroda kerja. Elektroda pendukung yang banyak digunakan adalah kawat Pt.

2.5.2. Elektrolit

Elektrolit adalah larutan atau substansi yang mempunyai sifat dapat menghantarkan arus listrik (konduktor) dengan memiliki ion bebas yang berfungsi sebagai media penghantar elektron. Sifat konduktif dari larutan elektrolit terjadi apabila garam dilarutkan dalam air dan mengalami disosiasi menghasilkan ion-ion bebas yang dapat menghantarkan arus

listrik bergerak untuk menetralkan muatan pada larutan yang mengalami polarisasi sebagai akibat adanya reaksi redoks sehingga reaksi tetap berjalan. Elektrolit terbagi menjadi dua yaitu elektrolit kuat dan elektrolit lemah. Perbedaannya terletak pada kemampuan untuk menghantarkan arus listrik karena kemampuannya untuk terionisasi dalam air. Pada elektrolit kuat senyawa atau molekul yang dilarutkan dalam air akan terionisasi sempurna sehingga akan dapat menghantarkan listrik dengan baik. Sedangkan dalam elektrolit lemah, molekul yang di larutkan dengan air hanya terdisosiasi sebagian sehingga kurang baik untuk menghantarkan arus listrik. Elektrolit lemah mempunyai kesetimbangan dinamik karena didalamnya selalu terjadi perubahan, baik yang melibatkan pembentukan ion menjadi molekul atau sebaliknya. Arang kayu gelam memiliki sifat dapat menghantar arus listrik, meskipun daya hantar arang satu dengan yang lain kekuatannya berbeda-beda.

2.5.3. Sel Volta

Sel Volta pertama kali dikembangkan oleh Alessandro Volta (1745-1827) dan Luigi Galvani (1737-1798). Dalam sel Volta, reaksi redoks akan menghasilkan arus listrik. Dengan perkataan lain energi kimia akan diubah menjadi energi listrik. Reaksi redoks pada sel volta berlangsung secara spontan dan tidak membutuhkan energi listrik dari luar.

2.5.4. Sel Elektrolisis

Sel Elektrolisis dikembangkan oleh Sir Humpry Davy (1777-1829) dan Michael Faraday (1791-1867). Dalam sel Elektrolisis, energi listrik yang dialirkan akan menyebabkan terjadinya reaksi kimia. Arus listrik digunakan untuk memaksa berlangsungnya reaksi redoks yang spontan, yaitu dengan menguraikan elektrolit menjadi unsur-unsurnya. Jumlah zat pereaksi yang diperlukan atau jumlah zat yang terbentuk selama proses elektrolisis berhubungan dengan :

- massa molar zat.
- jumlah listrik yang digunakan.

- o jumlah elektron yang dipindahkan.

Jadi untuk menentukan berat zat yang terbentuk/terlibat dalam suatu elektrolisis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$W = \frac{e \cdot i \cdot t}{96500}$$

Keterangan : W = berat zat (dalam gram)

e = berat ekuivalen

i = arus (dalam ampere)

t = waktu (dalam detik)

Seperti halnya sel volta, sel elektrolisis pun memerlukan elektroda-elektroda. Pada sel elektrolisis, yang sering digunakan adalah elektroda inert berupa dua batang karbon atau platina. Suatu elektroda inert tidak mengalami reaksi, melainkan hanya menyediakan permukaannya sebagai tempat bereaksi. Masing-masing batang elektroda bertindak sebagai katoda dan anoda. Sedangkan elektroda aktif, Katoda dan atau anodanya turut bereaksi.

2.6. Teknik Kombinasi Adsorpsi – elektrolisis

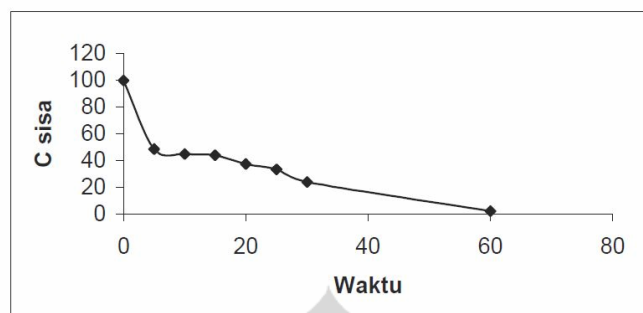
Teknik adsorpsi dengan arang aktif, digunakan untuk mengadsorpsi senyawa organik yang terlarut dalam limbah cair, karena arang aktif memiliki jaringan porous (berlubang) yang sangat luas yang berubah-ubah bentuknya untuk menerima molekul pengotor baik besar maupun kecil (Activated carbon.2010).

Pada teknik elektrolisis arus listrik digunakan untuk memaksa berlangsungnya reaksi redoks yang tidak spontan, yaitu dengan menguraikan elektrolit menjadi unsur-unsurnya. (Bard. J Allen. 2001).

Teknik kombinasi Adsorpsi - elektrolisis merupakan teknik baru dengan mengkombinasikan adsorpsi menggunakan arang aktif dan oksidasi secara elektrokimia untuk meningkatkan efisiensi penurunan konsentrasi senyawa karbon yang terlarut dalam limbah industri sanitasi. Pada tahap ini dilakukan oksidasi dengan elektroda Timbal (Pb) dan adsorpsi menggunakan arang aktif (arang kayu gelam).

Menurut (Lutfia Rahmah, 2007), Proses teknik kombinasi adsorpsi – elektrolisis menggunakan 1 gram karbon aktif, 0,1M NaCl, dan voltase 20 V

menghasilkan penurunan konsentrasi indigo hingga 98 % dalam waktu 1 jam. Seperti terlihat pada gambar 2.2



Gambar2.2 : Kurva teknik kombinasi adsorpsi-oksidasi
(Sumber Lutfia Rahmah ,2007)

Pada teknik kombinasi, penurunan konsentrasi senyawa organik disebabkan karena adsorpsi partikel-partikel senyawa organik oleh karbon aktif dan degradasi senyawa organik melalui reaksi oksidasi elektrokimia. Proses yang terjadi pada teknik kombinasi dapat melalui beberapa kemungkinan. Kemungkinan pertama, senyawa organik didegradasi secara elektrolisis dan diadsorpsi oleh karbon aktif, akan tetapi senyawa organik yang telah teradsorpsi dapat lepas dari karbon aktif dan terdegradasi lagi. Kemungkinan kedua, senyawa organik didegradasi melalui oksidasi dan diadsorpsi secara bersamaan (artinya ada kompetisi antara oksidasi dan adsorpsi). Kemungkinan ketiga, oksidasi senyawa organik menyebabkan pemutusan ikatan pada indigo menjadi senyawa intermediet, kemudian senyawa intermediet teradsorpsi oleh karbon aktif.

Selain ketiga kemungkinan tersebut masih banyak kemungkinan-kemungkinan lain yang terjadi pada proses kombinasi oksidasi dan adsorpsi terhadap senyawa organik. Terlebih apabila senyawa yang terkandung dalam suatu sampel merupakan gabungan dari bermacam-macam senyawa, seperti yang terdapat pada limbah industri bahan kimia sanitasi. Karena itu perlu dilakukan studi mekanisme hasil degradasi terhadap senyawa organik secara spesifik agar diketahui tahapan reaksi yang terjadi, senyawa intermediet yang dihasilkan, dan produk akhir yang dihasilkan pada teknik kombinasi oksidasi dan adsorpsi.

Menurut Alti murdika (2009), teknik kombinasi juga merupakan alternatif untuk meminimalkan keterbatasan-keterbatasan yang ada pada teknik oksidasi elektrokimia. Pada teknik oksidasi elektrokimia dibutuhkan luas permukaan yang spesifik dari elektroda karena terjadi transfer elektron. Bila luas permukaan elektroda terlalu kecil maka proses oksidasinyapun tidak maksimal. Selain itu pada permukaan elektroda akan terbentuk lapisan tipis oksida logam yang akan menyebabkan kinerja elektroda. Teknik kombinasi lebih baik, karena terdapat arang aktif dari kayu gelam yang berfungsi sebagai adsorben selain itu arang kayu gelam memiliki daya hantar listrik cukup baik. Berperannya arang aktif sebagai penghantar listrik, akan meningkatkan kemampuan degradasi senyawa organik yang terdapat pada permukaan arang. Arang aktif juga mengurangi keterbatasan yang dimiliki elektroda yang membutuhkan luas permukaan yang spesifik. Luas permukaan arang aktif akan dipergunakan oleh elektroda sebagai permukaan untuk transfer elektron.

2.7. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman atau pH merupakan suatu indeks kadar ion hidrogen (H^+) yang mencirikan keseimbangan asam dan basa. Nilai pH pada suatu perairan mempunyai pengaruh yang besar terhadap organisme perairan sehingga seringkali dijadikan petunjuk untuk menyatakan baik buruknya suatu perairan. Derajat keasaman suatu perairan, baik tumbuhan maupun hewan sehingga sering dipakai sebagai petunjuk untuk menyatakan baik atau buruknya suatu perairan (santoso, Kukuh. 2001).

Nilai pH juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi produktifitas perairan (Suripin, 2001).

Biasanya angka pH dalam suatu perairan dapat dijadikan indikator dari adanya keseimbangan unsur-unsur kimia dan dapat mempengaruhi ketersediaan unsur-unsur kimia dan unsur-unsur hara yang sangat bermanfaat bagi kehidupan vegetasi akuatik. Tinggi rendahnya pH dipengaruhi oleh fluktuasi kandungan O_2 maupun CO_2 . Tidak semua mahluk bisa bertahan

terhadap perubahan nilai pH, untuk itu alam telah menyediakan mekanisme yang unik agar perubahan tidak terjadi atau terjadi tetapi dengan cara perlahan (Sary, 2006). Tingkat pH lebih kecil dari 4, 8 dan lebih besar dari 9, 2 sudah dapat dianggap tercemar . Untuk mengetahui besarnya harga pH dapat digunakan PH meter atau indikator universal.

2.8. PT. Protekindo Sanita Jakarta

Perusahaan ini bergerak dalam penyediaan kebutuhan bahan kimia pembersih dengan spesifikasi higine & sanitasi serta multi purpose cleaner (asam, basa, netral) untuk industri makanan dan minuman serta farmasi (amdk, saus & pasta, biscuit, roti, cool storage, industri pengolahan ikan dan daging) dan heavy duty cleaner untuk mesin produksi dan proses produksi untuk industri (oil & gas), minyak goreng (cooking oil) , fastfood, profesional laundry, kitchen chemical, housee keeping/ perawatan bangunan.(*Protekindo sanita*, 2010)

Beberapa produk yang dihasilkan oleh PT.Protekindo sanita adalah:

1. ALQO QUAT

ALQO QUAT sangat cocok digunakan oleh para staff yang bekerja pada area fresh & food, serta area penyimpanan makanan. Dengan menggunakan ALQO QUAT proses pencucian tangan menjadi lebih higienis, tangan akan kering dengan sendirinya, tanpa dilap lagi. (*Protekindo sanita*, 2010)

2. HANKLIN (Tallow base oleic acid + Bactericide).

Sabun pencuci tangan, sekaligus disinfektan. Sangat efektif mencegah kontaminasi kuman penyakit, akibat pembersihan yang kurang sempurna pada tangan operator produksi pengelola makanan/minuman. .(*Protekindo sanita*, 2010)

3. SANITI (Chlorin Base)

Pembersih dan disinfektan alat-alat & Area pengolahan makanan/ minuman (antara lain: meat slicer, mixer, refrigerator/cool room,

stainlesssteel preparation table, dll) efektif sebagai soaking agent (bahan perendam) yang dapat menghilangkan kerak-kerak air. *.(Protekindo sanita, 2010)*

4. **PREVAIL** (Liquid quaternary ammonia compound base)

Disinfektan, Sanitizer dan deodorizer untuk area pengolahan makanan/minuman (a, l : meat slicer, mixer, refrigerator/ cool room, stainlesssteel preparation table , dll efektif menghambat pertumbuhan jamur renik (mould and mildew control) pada peralatan serta kontainer yang biasa digunakan pada industri dimana pemakaian sanitizer dengan basis klorin dilarang. *.(Protekindo sanita, 2010)*

5. **WASH - UP** (General Liquid Detergent) / deterjen cair

WASH UP adalah bahan pembersih serbaguna (MPC) untuk pemakaian manual aman ditangan dengan pH netral (7) non alkaline, untuk pemakaian sehari hari untuk stainlesssteel preparation table, pada peralatan serta container/ keranjang yang biasa digunakan pada industri pengolahan makanan dan minuman. Aplikasi pada beragam jenis. material efektif untuk mengangkat kekotoran sehari-hari dan bisa juga untuk minyak dan lemak atau kombinasi dari keduanya. *.(Protekindo sanita, 2010)*

6. **PROCESS** (Phosphoric Acid based detergent)

Suatu acid detergent yang aman untuk food processing industry. PROCESS didesain khusus untuk metode Clening Modern CIP (Cleaning in Place) tetapi bisa juga digunakan untuk metode konvensional penyikatan dan perendaman (Manual) . Efektif menghilangkan Milkstone pada industri dengan bahan dasar susu, kerak protein pada mixing chamber pada industri saus, kecap, bumbu instan, bir, jelly dll. Food grade dan bio degradable bisa juga di aplikasikan membersihkan lapisan kerak air pada stainless steel preparation table, lantai produksi dari keramik, porselen, dll. *.(Protekindo sanita, 2010)*

7. **PROVEN** (Alkaline with Hydroxyl Solvent)

Pembersih yang kuat untuk menghilangkan kerak dan kotoran karbon yang biasanya terdapat pada Deep Fryer (penggorengan), oven, griddle (pemanggang), burner dengan bahan bakar gas/coal ataupun listrik. Dengan pH 12, 5 kombinasi dari alkaline dan solvent berdaya kerja tinggi mampu menghilangkan kerak karbon yang menebal dengan cepat. Aman untuk material dari besi, stainlesssteel, porcelain dan kaca. Food grade dan bio degradable. *.(Protekindo sanita, 2010)*

8. **GP CLEAN** (Liquid Alkaline Dereaser)

Heavy Duty Alkaline Degreaser yang diformulasikan khusus untuk memenuhi kebutuhan cleaner (bahan pembersih) dengan standart industri. GP CLEAN mampu membersihkan deposit minyak, oli, grease/gemuk yang telah mengeras secara cepat pada exhaust hoods, filter udara, smoked room (ruang pengasapan), lantai beton, road equipment, mesin dan perkakas industri/engineering. Pada dosis yang besar juga mampu untuk membersihkan kerak karbon yang masih tipis pada deep fryer. Food grade dan bio degradable. *.(Protekindo sanita, 2010)*

9. **SPEED** (Alkaline with complex Phospat Detergent)

Pembersih permukaan lantai dengan kotoran dari jenis grease, oli, minyak, lemak yang masih baru ataupun yang telah mengeras dengan sekali proses/tanpa penyikatan mampu bekerja efektif walau pada kondisi Hardness (kesadahan) air yang tinggi. *.(Protekindo sanita, 2010)*

10. **PENEOL** (Pine Disinfectant Cleaner)

Cleaning, deodorising, re-odorising dan disinfectant dalam satu produk diformulasikan dari extract Pine aman untuk semua tipe permukaan dengan formula yang sangat efektif memerangi bau yang tidak sedap yang berasal dari garbage area atau sisa produksi dari bahan organik yang mempunyai bau yang menyengat. Dan masih banyak produk lain yang variannya mencapai sekitar 100 macam. *.(Protekindo sanita, 2010)*

2.9. Spektrofotometer Serapan Atom (AAS)

Spektrofotometer serapan atom atau *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) merupakan teknik analisis kuantitatif dari unsur-unsur yang pemakaiannya sangat luas diberbagai bidang karena prosedurnya selektif, spesifik, biaya analisisnya relatif murah, sensitivitasnya tinggi (ppm-ppb), dapat dengan mudah membuat matriks yang sesuai dengan standar, waktu analisis sangat cepat dan mudah dilakukan. AAS pada umumnya digunakan untuk analisa unsure. Spektrofotometer absorpsi atom juga dikenal sistem single beam dan double beam layaknya Spektrofotometer UV-VIS. Sebelumnya dikenal fotometer nyala yang hanya dapat menganalisis unsur yang dapat memancarkan sinar terutama unsur golongan IA dan IIA. Umumnya lampu yang digunakan adalah lampu katoda cekung yang penggunaannya hanya untuk analisis satu unsur saja. Metode AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Setiap alat AAS terdiri atas tiga komponen yaitu unit teratomisasi, sumber radiasi, sistem pengukur fotometerik. (sunardi, 2004).

Teknik AAS menjadi alat yang canggih dalam analisis. Ini disebabkan karena sebelum pengukuran tidak selalu memerlukan pemisahan unsur yang ditentukan karena kemungkinan penentuan satu unsur dengan kehadiran unsur lain dapat dilakukan, asalkan katoda berongga yang diperlukan tersedia. AAS dapat digunakan untuk mengukur logam sebanyak 61 logam. Sumber cahaya pada AAS adalah sumber cahaya dari lampu katoda yang berasal dari elemen yang sedang diukur kemudian dilewatkan ke dalam nyala api yang berisi sampel yang telah teratomisasi, kemudian radiasi tersebut diteruskan ke detektor melalui monokromator. Tembaga digunakan untuk membedakan radiasi yang berasal dari sumber radiasi, dan radiasi yang berasal dari nyala api. Detektor akan menolak arah searah arus (DC) dari emisi nyala dan hanya mengukur arus bolak-balik dari sumber radiasi atau sampel. Atom dari suatu unsur pada keadaan dasar akan dikenai radiasi maka atom tersebut akan menyerap energi dan mengakibatkan elektron pada kulit terluar naik ke tingkat energi yang lebih tinggi atau tereksitasi. Jika suatu

atom diberi energi, maka energi tersebut akan mempercepat gerakan elektron sehingga elektron tersebut akan tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi dan dapat kembali ke keadaan semula. Atom-atom dari sampel akan menyerap sebagian sinar yang dipancarkan oleh sumber cahaya. Penyerapan energi oleh atom terjadi pada panjang gelombang tertentu sesuai dengan energi yang dibutuhkan oleh atom tersebut.



BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3. 1. Alat dan Bahan

3.1. 1. Alat

- Reaktor Adsorpsi-elektrolisis
- Reaktor COD MAHIR
- pH meter
- Power suplay
- Elektroda Timbal (Pb)
 - ✓ Elektroda Timbal berbentuk lempengan
 - ✓ Elektroda Timbal berbentuk jarring-jaring
- Pipet ukur
- Pipet volume
- Tabung kultur
- Neraca
- Peralatan gelas
- Buret
- Botol timbang
- Botol Semprot

3.1.2. Bahan

- Limbah cair PT. Protekindo Sanita Jakarta
- Asam sulfat pekat
- Ferro ammonium sulfat (FAS)
- Aquades
- Kalium Dikromat
- Merkuri sulfat
- Perak sulfat
- Indikator ferroin
- Indikator universal

3.2. Cara Kerja

3.2.1. Cara pembuatan Reaktor COD MAHIR

Pengukuran kandungan COD sampel dilakukan, dengan menggunakan metode dikromat (standart), senyawa kalium dikromat berlebihan yang diasamkan dengan asam sulfat dan ditambah katalis perak sulfat, diharapkan dapat mengoksidasi semua senyawa organik yang terkandung dalam sampel. Volume sampel dan pereaksi yang diperlukan dengan reaktor COD MAHIR adalah sekitar 10% dari metode dikromat (standart) dengan cara konvensional yang mempergunakan refluks. Namun demikian kondisi reaktor COD MAHIR, dapat dijaga sehingga reaksi oksidasi oleh kalium dikromat berlangsung sempurna.

Komponen Reaktor COD MAHIR

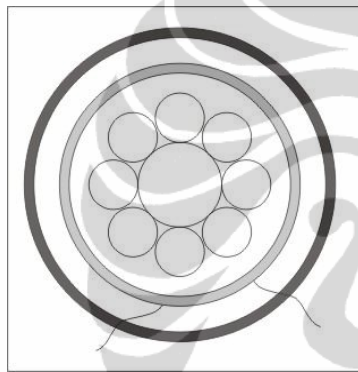
- Band Heater (pemanas)
- Tabung silinder (dibuat dari kaleng bekas susu kental manis)
- Rak tempat tabung kultur (dibuat dari besi)
- Isolator keramik (dibuat dari pot gerabah)
- Isolator asbestos
- Minyak goreng (dapat digunakan jelantah)
- Termostat
- Tabung kultur (tabung reaksi dengan tutup ulir dari teflon tahan panas)

Pembuatan reaktor pengukuran COD

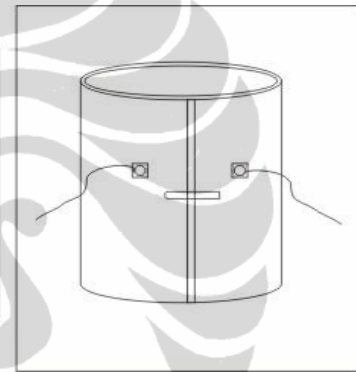
Kaleng susu kental manis (bisa diganti dengan yang sejenis) dibuka penutupnya, kemudian di lilit dengan elemen pemanas (band heater) yang mampu mencapai suhu 200°C, setelah dilapisi dengan asbestos, dimasukkan kedalam isolator keramik, yang dapat dibuat dari pot tanaman yang terbuat dari gerabah yang berbentuk silinder, dengan diameter bagian dalam minimal lebih besar sekitar 4 cm dibandingkan diameter kaleng. Di bagian dasar dari kaleng dipasang keramik (dapat dibuat dari pecahan keramik lantai), ini berfungsi untuk menjaga agar rak tabung tidak

terhubung langsung dengan dasar kaleng, sehingga suhu yang dipergunakan untuk memanaskan sampel benar-benar suhu minyak goreng. Rak tabung kultur terbuat dari besi dengan diameter lebih kecil 1,5 cm dibandingkan diameter kaleng, di pasang didalam kaleng yang sudah dialasi dengan isolator keramik, atur posisi rak sehingga tidak bersentuhan dengan dinding kaleng. Sebagai penghantar panas dipergunakan minyak goreng bekas (jelantah) atau oli bekas, selain mampu menahan suhu pada kisaran 150°C , minyak goreng relatif murah dan ramah lingkungan. Agar suhu minyak goreng tetap stabil pada kisaran 150°C , maka elemen pemanas dihubungkan dengan thermostat.

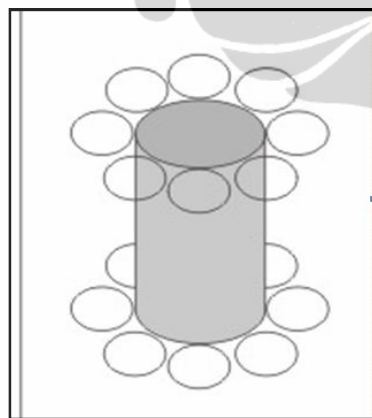
Disain bagian-bagian dari reaktor COD MAHIR



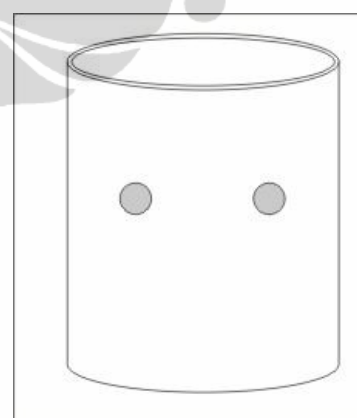
Gambar 3.1: Reaktor COD nampak atas



Gambar 3.2: elemen pemanas



Gambar 3.3: Rak tabung kultur



Gambar 3.4: Isolator keramik

(gerabah)

Reaktor ini diberi nama MAHIR, karena :

- (M) mudah dalam pembuatannya maupun dalam pengoperasiannya,

- (A) akurat karena sampel yang akan diukur kadar COD nya tidak perlu diencerkan. Apabila kadar COD sampel cukup tinggi, maka volume sampel yang digunakan dapat diperkecil dari 2 mL menjadi 1 mL, sedangkan apabila kadar CODnya rendah volume sampel diubah menjadi 3 atau 4 mL.
- (H) hemat, karena sampelnya minimalis (10% dari metode konvensional), maka reagen yang diperlukanpun relatif sedikit sehingga hemat. Selain itu karena dapat mendestruksi beberapa sampel sekaligus, maka reaktor ini juga hemat waktu dan hemat energi.
- (I) inovatif, reaktor ini adalah inovasi baru dalam pengukuran COD dengan metode dikromat, terutama dikalangan Sekolah Menengah Atas (SMA) reaktor ini sangat bermanfaat untuk siswa, karena selama ini siswa SMA hanya menerima informasi tentang COD sebagai salah satu parameter kualitas air.
- (R) ramah lingkungan, korelasi antara penggunaan bahan kimia yang sedikit adalah ramah lingkungan, mengingat banyak reagen B3 dalam pengukuran COD, diantaranya mercury dan krom (VI). Selain itu bahan yang dipergunakan sebagai konduktornya adalah minyak goreng bekas (jelantah) atau oli bekas.

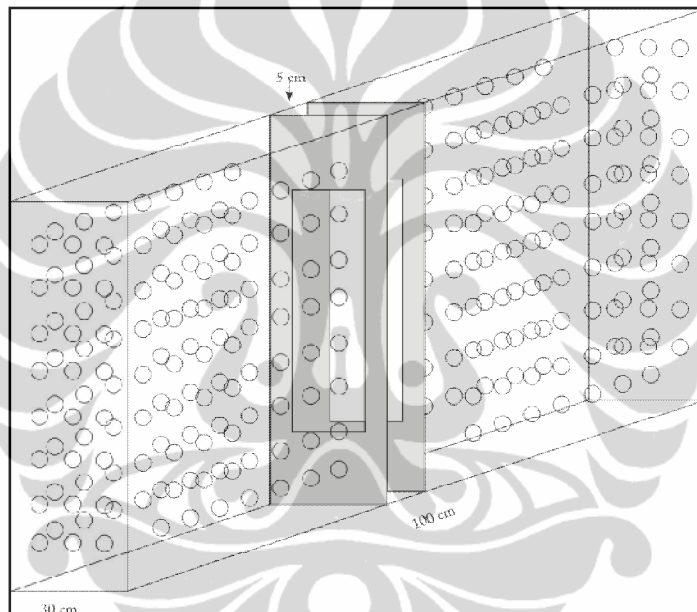
3.2.2 Pembuatan Reaktor Adsorpsi elektrolisa.

3.2.2.1. Mini reaktor

Sebelum dilakukan aplikasi langsung di pabrik bahan kimia sanitasi PT. Protekindo Sanita Jakarta, terlebih dahulu dilakukan penelitian awal. Pada penelitian awal dipergunakan reaktor mini adsorpsi elektrolisa. Reaktor mini memiliki desain yang sama dengan reaktor sesungguhnya, tetapi ukurannya sekitar 12% dari reaktor yang akan diaplikasikan di pabrik. Kerangka reaktor dibuat dari papan akrilik yang tebalnya 3 mm. dengan panjang 12 cm dan lebar 7 cm sedangkan bak untuk pemrosesan terbuat dari kotak tempat kue dari plastik berukuran panjang 15 cm lebar 10 cm. Sebagai elektroda, dipergunakan pita-pita timbal (Pb) yang dijalin seperti kasa (jaring).

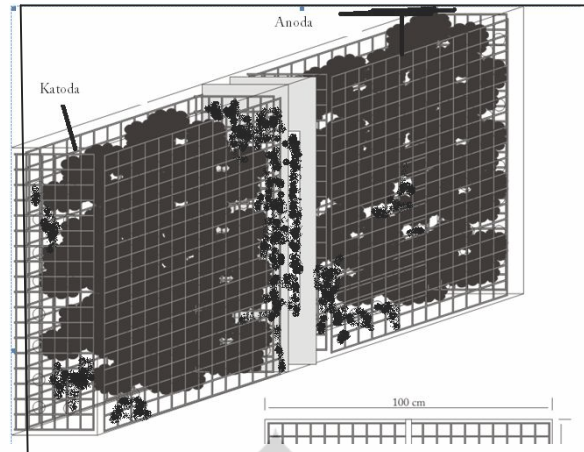
3.2.2.2. Reaktor Adsorpsi Elektrolisis.

Kerangka reaktor dibuat dari bahan akrilik dengan ketebalan 5 mm, dan lubang-lubang sirkulasinya berdiameter 1,5 cm. Jejaring timbal (Pb) yang dipergunakan sebagai elektroda, dibuat dengan cara mencairkan lempengan timbal dan mencetaknya sehingga membentuk jarring-jaring (“kawat ayam”), dengan ukuran “lubang” 4 x 4 cm dan ketebalan kawat seukuran lidi. Karena kawat timbal relatif rapuh (mudah putus), maka pada saat menyusunnya didalam kerangka harus dijaga kondisinya agar tidak terputus.

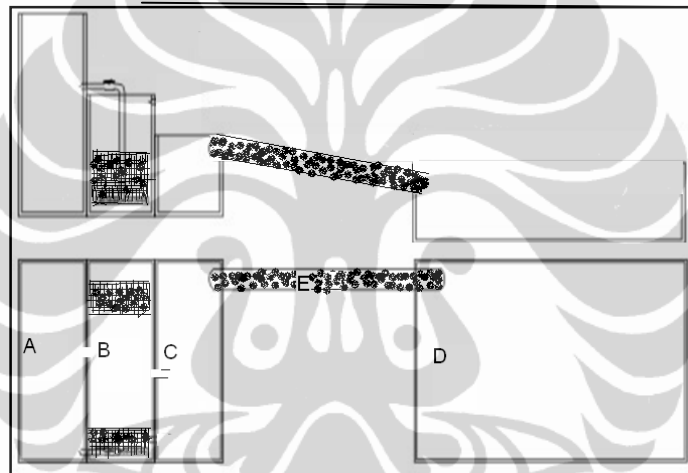


Gambar.3.5 : Kerangka reaktor.

Ukuran disain disesuaikan dengan bak pengolahan limbah yang terdapat di pabrik Protekindo, diharapkan disain ini akan mempermudah pengoperasian dan proses “*recovery*”. Lubang-lubang kecil dibuat untuk memudahkan sirkulasi limbah cair. Dibagian tengah dibuat sekat, untuk memisahkan anoda dan katoda timbal (Pb), sekat tersebut diisi dengan arang.



Gambar.3.6 : Reaktor (tampak samping dan atas), Jaringan Timbal dan arang kayu gelam.



Gambar 3.7: Penampang samping dan atas bak pemroses

Keterangan gambar:

Limbah dari hasil produksi dialirkan ke dalam bak A sebagai penampungan awal, kemudian secara kontinyu dipindahkan ke bak B tempat proses pengolahan limbah dengan metode adsorsi elektrolisis, proses perendaman (batch) di bak B sekitar 24 jam. Setelah diproses di B, kemudian dialirkan ke dalam bak C, selanjutnya melalui pipa E (yang didalamnya diisi dengan arang kayu gelam), limbah yang sudah diproses dialirkan ke bak D.



Gambar 3.8a-8b: Bak penampungan limbah PT. Protekindo Jakarta yang dipergunakan sebelum penelitian.



Gambar 3.9: Kolam penampungan akhir limbah.

3.3. Penentuan Chemical Oxygen Demand (COD)

Kandungan COD sampel diukur dengan metode dikromat, menggunakan reaktor COD MAHIR, besarnya kandungan COD sampel dibandingkan dengan COD blangko. Oleh karena itu perlu dilakukan pengukuran kandungan COD sampel maupun kandungan COD blangko.

3.3.1. Penentuan Chemical Oxygen Demand (COD) Sampel

Ke dalam tabung kultur COD dimasukkan berturut-turut 1,0 mL sampel, 3,0 mL larutan digest (larutan $K_2Cr_2O_7$ yang diasamkan dalam H_2SO_4) dan 1,0 mL larutan perak sulfat, 1,0 mL larutan merkuri sulfat, kemudian ditutup dan dikocok dengan hati-hati. sampel yang telah siap tersebut dimasukkan ke dalam reaktor pengukuran COD dan dipanaskan selama 2 jam pada suhu $150^\circ C$, kemudian didinginkan di udara terbuka sampai mencapai suhu $35^\circ C$. Setelah dingin, larutan tersebut dimasukkan kedalam gelas erlemeyer 100 mL dan ditambahkan 1-2 tetes indikator ferroin, lalu sampel tersebut didinginkan dalam lemari es selama 5-10 menit sampai suhunya sekitar $10^\circ C$, selanjutnya dititrasi dengan larutan ferro ammonium sulfat (FAS) hingga tercapai titik ekuivalen, yang ditandai perubahan warna hijau biru menjadi cokelat merah.

3.3.2. Penentuan Chemical Oxygen demand (COD) blangko

Langkah-langkah penetapan kadar COD blanko, sama seperti pada penetapan kandungan COD sampel, tetapi sampel diganti dengan air yang dipergunakan sebagai pelarut.

3.4. Aktivasi Adsorben

Kayu gelam adalah kelompok kayu keras, oleh karena itu arang yang dihasilkannya pun relatif keras dan kuat (tidak rapuh) dibandingkan arang dari jenis kayu yang lain. Sebelum dipergunakan untuk bahan adsorben, mula-mula arang dipilah-pilah untuk memisahkan arang yang ringan dan rapuh, yang kemungkinan bukan dari kayu gelam. Setelah itu arang dicuci dengan cara disikat didalam air dan dibilas dengan air yang mengalir untuk menghilangkan pengotor yang menutupi permukaan arang kayu gelam baik yang berupa senyawa organik maupun anorganik. Setelah bersih, kemudian arang dijemur diterik matahari sampai benar-benar kering. Dengan perlakuan ini diharapkan akan diperoleh arang yang lebih porus dan lebih aktif. Kemudian arang yang sudah diaktifasi ini dimasukkan kedalam jarring-jaring timbal didalam reaktor adsorpsi-elektrolisis dan berfungsi sebagai adsorben.

3.5. Uji Kandungan Timbal

Prosedur Kerja

Air limbah buangan pengolahan bahan kimia sanitasi pada PT. Protekindo Sanita diambil dari beberapa lokasi, yakni :

- o bak penampungan limbah awal hasil produksi,
- o bak pemrosesan limbah dengan metode adsorpsi-elektrolisis.
- o Kolam penampungan limbah ahir.
- o Air tanah dari sumur yang ada dilokasi pabrik.
- o Saluran air (selokan)

Selain limbah cair, sampel yang dikarakterisasi adalah arang sebelum dipergunakan sebagai adsorben dan arang yang sudah dipergunakan untuk memproses limbah selama satu bulan. Sampel yang telah disiapkan sebagai sampel pengujian. tersebut selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk diuji karakteristik limbah. Pengujian ini

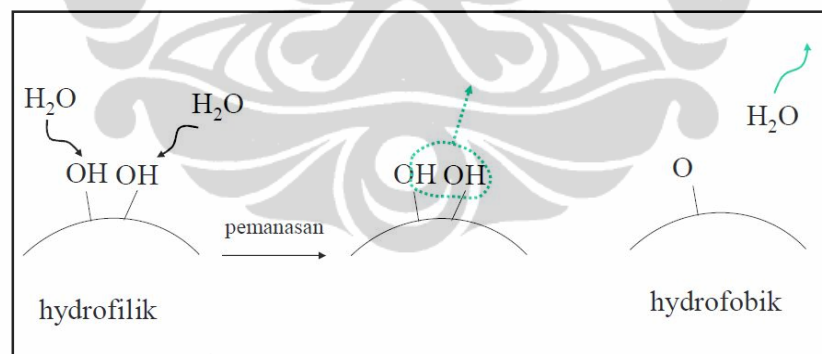
menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Karakterisasi limbah dilakukan dengan menggunakan metode deskriptif analitik yaitu suatu usaha untuk menggambarkan bagaimana karakteristik limbah dengan cara menganalisis limbah yang terdapat disekitar PT.Protekindo sanita jakarta. Karakterisasi diarahkan untuk mengetahui bagaimana konsentrasi logam berat timbal (Pb) di dalam limbah.



BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

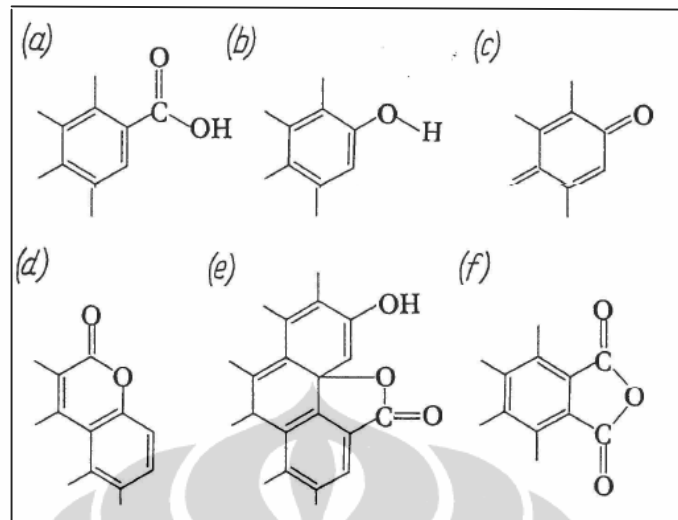
4.1. Aktivasi Arang Kayu Gelam

Adsorpsi berarti penempelan molekul pada permukaan padatan. Secara umum, material yang teradsorpsi menempel pada permukaan bahan, seperti debu pada dinding. Adsorpsi terjadi, disebabkan adanya ikatan oleh permukaan adsorben, yang disebabkan oleh gaya Van der Waals (ikatan fisik), gaya elektrostatis (interaksi muatan di permukaan) atau gaya kimia (misal ikatan p- dan hidrogen). Semakin luas permukaan adsorben semakin baik adsorben mengadsorpsi. Pada penelitian ini arang kayu gelam yang dipergunakan berupa bongkahan, meskipun ini akan mengurangi daya adsorpsinya. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mempermudah pemisahan antara adsorben dengan limbah cair hasil pengolahan. Setelah arang kayu gelam dicuci kemudian diuapkan (dijemur) dengan sinar matahari langsung, untuk menghasilkan gugus permukaan yang mengandung oksigen dan juga pori-pori yang lebih luas, seperti terlihat pada gambar 4.1



Gambar 4.1: Mekanisme aktivasi adsorben

Dengan pemanasan (dijemur dalam terik matahari) permukaan arang yang hidrofilik (cenderung mengikat molekul air), akan melepaskan molekul-molekul air yang diikatnya sehingga menjadi hidrofobik dan permukaan arang menjadi lebih kaya dengan oksigen. Beberapa gugus permukaan yang mengandung karbon oksigen, terlihat pada gambar 4.2.



Sumber : **Mattson and H. B. Mark, Jr. Activated Carbon**1995.

Gambar 4.2 : Gugus permukaan karbon aktif yang mengandung oksigen.

Dengan gugus permukaan yang kaya dengan oksigen tersebut diharapkan dihasilkan arang aktif yang memiliki kapasitas adsorpsi yang besar.



Gambar.4.3: Proses aktivasi arang kayu gelam dengan cara penjemuran pada terik matahari

Selanjutnya arang yang sudah diaktifasi, dipergunakan sebagai adsorben dalam reaktor adsorbs-elektrilisis, dengan menempatkannya didalam jarring-jaring timbal.

4. 2. Pembuatan jaring timbal

Elektroda timbal yang akan dipergunakan sebagai elektroda dalam reaktor adsorpsi-elektrolisis, dibuat berbentuk seperti “jaring-jaring”. Hal ini dilakukan untuk beberapa tujuan, diantaranya agar aliran listrik dapat lebih merata keseluruhan permukaan arang aktif, selain itu juga untuk menjaga agar arang tetap terendam (batch) didalam sampel. Karena timbal (Pb) yang tersedia dipasaran adalah timbal dalam bentuk batangan dan lempengan, maka untuk membuat jaring timbal dilakukan beberapa tahap sebagai berikut. Pertama dibuat cetakan dari bahan semen dengan ukuran “ruji-ruji” 4 x 4 cm, kedalaman 3-4 mm (gambar 4.6). Kemudian lempengan timbal di potong memanjang dengan ukuran 1(satu) cm, disusun sesuai jalur yang ada pada cetakan, selanjutnya lempengan timbal dipanaskan menggunakan pemanas las karbit sampai mencair kemudian di cetak menggunakan cetakan yang sudah disiapkan. Karena logam timbal mudah membeku, maka proses pencetakan harus dijaga kondisinya sehingga rangkaian saling terkait satu sama yang lain, agar arus listrik dapat mengalir sempurna.



Gambar 4.4: Lempeng Timbal



Gambar 4.5: Cetakan jaring timbal



Gambar 4.6: Proses pencetakan jaring timbal

Jaring-jaring timbal inilah yang akan dipergunakan sebagai elektroda, sekaligus menjaga (melindungi) arang kayu gelam agar tidak mengapung dipermukaan sehingga permukaan arang dapat berfungsi sebagai adsorben secara maksimal. Selain itu dengan melindungi arang dalam jaring-jaring akan mempermudah pada proses pemberisihan arang dari pengotor seperti lumut dan sebagainya.

4.3. Pembuatan kerangka (rumah) reaktor adsorpsi-elektrolisis

Kerangka reaktor dengan dari bahan akrilik dengan sistem pemisah antara katoda dan anoda terlihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7: Kerangka (rumah) reaktor adsorpsi-elektrolisis

Setelah kerangka reaktor siap, jaring-jaring timbal (Pb) disusun di masing-masing sisinya dan kedalam jaring-jaring timbal diisi arang kayu gelam yang sudah diaktifasi. Sekat antara anoda dan katoda juga diisi dengan

arang kayu gelam, sehingga jaring timbal yang dipergunakan sebagai katoda tidak saling menempel dengan jarring timbal yang dipergunakan sebagai anoda, Arang kayu gelam yang dipergunakan sebagai adsorben dalam proses degradasi senyawa organik untuk menurunkan kadar COD kondisinya harus dijaga agar tetap terakumulasi di elektrodanya masing-masing serta senantiasa terkoneksi antara bongkahan arang yang satu dengan yang lain, sehingga aliran arus listriknya pun menjadi optimal. Untuk memisahkan antara katoda dan anoda agar logak timbal yang digunakan sebagai elektroda tidak saling terhubung secara langsung, maka harus dibuat sekat dari arang kayu gelam. Adsorpsi oleh arang aktif diharapkan terjadi baik di anoda maupun katoda. Sedangkan oksidasi hanya terjadi di anoda. Pada waktu tertentu posisi anoda dan katoda ditukar, anoda menjadi katoda dan sebaliknya katoda menjadi anoda. Dengan demikian senyawa organik yang telah terakumulasi di katoda karena adsorpsi arang aktif, ketika katoda diubah posisinya menjadi anoda, akan langsung teroksidasi.



Gambar 4.8: Reaktor adsorpsi-elektrolisis

4.4. Penelitian awal

4.4.1. Perbandingan pengukuran COD dengan reaktor COD MAHIR dan COD teoritis terhadap sampel sintesis

Ada beberapa metode yang dapat dilakukan untuk mengetahui kandungan COD limbah. Pada penelitian ini pengukuran kandungan COD

dipergunakan reaktor COD MAHIR. Reaktor COD MAHIR pada prinsipnya menggunakan metode dikromat standar, namun sudah dimodifikasi sehingga mudah diperasikan, hemat reagen kimia dan waktu pengukurannya cepat. Agar dapat diketahui validitasnya, maka sebelum dicobakan untuk mengukur kandungan COD limbah, reaktor COD MAHIR perlu divalidasi terlebih dahulu, dengan cara membandingkannya dengan COD sampel sintetis melalui perhitungan secara teoritis.

Sampel sintetis yang digunakan adalah glukosa murni, glukosa dapat dioksidasi sempurna menjadi gas karbon dioksida dan uap air. Sebanyak 5 gram (5000 mg) glukosa dilarutkan dalam air sampai volumenya 1 liter. Kemudian larutan ini diencerkan dengan berbagai variasi konsentrasi (mg/L). Dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.2 :

$COD_t = 8(4x+y-2z)/(12x+y+16z)$ g, maka untuk senyawa glukosa ($C_6H_{12}O_6$) dengan berat 5 gram yang dilarutkan dalam 1 liter larutan, dapat dihitung harga CODnya sebagai berikut. Dari rumus umum $C_xH_yO_z$ didapat data $x=6$, $y=12$, $z=6$. maka dapat ditentukan besarnya kandungan COD teoritis sebagai berikut:

$$COD_t = 8\{[4(6)+(12)-2(6)]/[12(6)+(12)+16(6)]\}5000 = 5333 \text{ mg/L.}$$

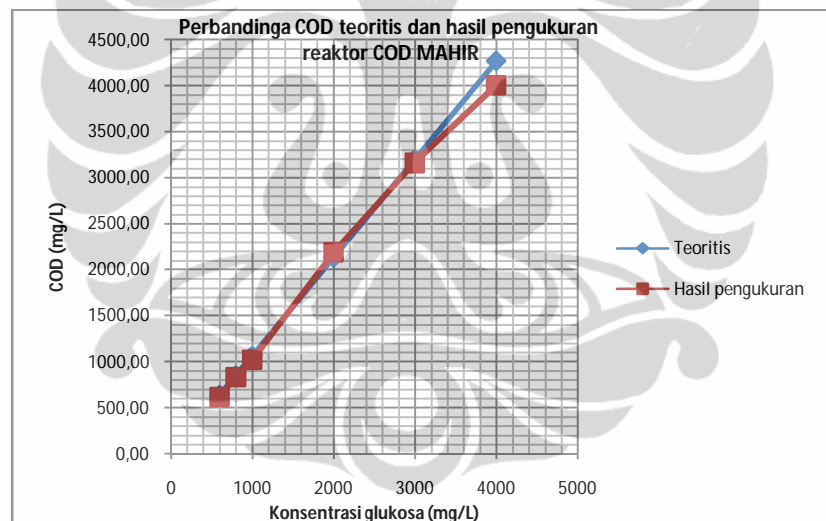
Selanjutnya dilakukan perhitungan COD teoritis glukosa dengan beberapa variasi konsentrasi glukosa (mg/L), seperti terlihat dalam tabel 4.1

Sampel sintetis yang dihitung kandungan CODnya secara teoritis selanjutnya diukur dengan metode dikromat mempergunakan reaktor COD MAHIR, kemudian dibandingkan antara perhitungan secara teoritis dengan hasil pengukuran, seperti terlihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1. Perbandingan COD teoritis dan hasil pengukuran menggunakan Reaktor COD MAHIR terhadap sampel sintesis.

No	(Glukosa) mg/L	kandungan COD (gr/L)		Penyimpangan (%)
		Teoritis	Hasil pengukuran	
1	600	640.20	620.26	3.12
2	800	853.60	832.69	2.45
3	1000	1067.00	1024.67	3.97
4	2000	2134.00	2192.48	-2.74
5	3000	3201.00	3162.62	1.20
6	4000	4268.00	4006.67	6.12

Perbandingan kandungan COD yang dihitung secara teoritis dengan yang diukur menggunakan reaktor COD MAHIR, terlihat pada gambar 4.10



Gambar 4.10: Perbandingan COD teoritis dan hasil pengukuran terhadap sampel sintesis glukosa

Dari gambar 4.10 terlihat bahwa untuk sampel dengan konsentrasi sebesar 600 mg/L sampai dengan 3000 mg/L tidak terlihat penyimpangan (deviasi) yang signifikan, tetapi sampel yang konsentrasinya lebih besar dari 3000 mg/L terlihat adanya sedikit penyimpangan. Penyimpangan nilai COD hasil pengukuran dengan reaktor COD MAHIR dibandingkan dengan COD teoritis mungkin disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya sampel sintesis (glukosa) tidak murni 100%, ketelitian neraca yang dipergunakan

untuk menimbang tidak maksimal. Namun demikian, penulis beranggapan dengan sedikit penyimpangan tersebut, reaktor COD MAHIR akurasiya masih dapat ditolerir, sehingga dapat dipergunakan untuk mengukur kandungan COD limbah industri sanitasi PT. Protekindo Sanita Jakarta. Apabila kandungannya COD sampel lebih dari 3000 mg/L, maka diperlukan pengenceran.

4.4.2. Perbandingan kandungan COD hasil degradasi dengan adsorben arang aktif, elektrolisis dan kombinasi adsorpsi-elektrolisis.

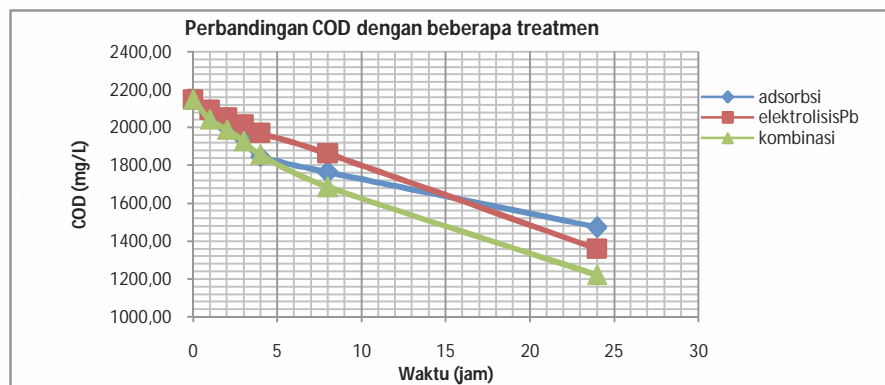
Salah satu cara pengelolaan limbah organik yaitu dengan teknik adsorpsi dan menurut Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (US EPA) telah ditetapkan bahwa teknologi adsorpsi dengan karbon aktif merupakan teknologi terbaik untuk menghilangkan polutan organik. Karbon aktif banyak dipilih sebagai pengadsorpsi (adsorben) karena memiliki energi adsorpsi rendah, luas permukaan spesifik tinggi, dan distribusi pori-pori yang merata. Karbon aktif tersedia dalam berbagai ukuran pori dan mempunyai bentuk mikropori, mesopori, dan makropori. Karbon aktif mempunyai kemampuan mengadsorpsi sampai dengan 50 % dari massa karbon (carbochem.com. Activated Carbon 2010).

Pada penelitian ini dilakukan kombinasi antara adsorpsi dan elektrolisis dengan harapan kondisi optimal masing-masing metode akan semakin meningkat dalam menurunkan kadar COD limbah industri bahan kimia sanitasi PT. Protekindo Sanita Jakarta. Untuk mengetahui sejauh mana efektifitas teknik kombinasi adsorpsi-elektrolisis, maka dalam penelitian ini dilakukan penelitian awal dengan berbagai variasi treatment (perlakuan), yang pertama dengan mempergunakan adsorben arang kayu gelam, treatment kedua dengan proses elektrolisis menggunakan elektroda timbal dan yang ketiga kombinasi adsorpsi-elektrolisis. Pada penelitian ini arang kayu gelam yang dipergunakan masing-masing sebanyak 200 gram, sedangkan logam timbal (Pb) sebagai elektroda masing-masing sebanyak 50 gram. Dari proses degradasi selama 24 jam didapat data seperti terlihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 : Perbandingan kandungan COD sampel dengan beberapa variasi perlakuan terhadap waktu.

No.	Waktu (jam)	Kandungan COD (mg/L) dan penurunan (%)					
		adsorpsi		elektrolisis		Kombinasi	
1	0	2148.16	0.00	2148.16	0.00	2148.16	0.00
2	1	2059.68	4.12	2093.28	2.55	2041.76	4.95
3	2	1998.08	6.99	2054.08	4.38	1990.24	7.35
4	3	1939.84	9.70	2016.00	6.15	1928.08	10.25
5	4	1848.00	13.97	1972.32	8.19	1858.08	13.50
6	8	1764.00	17.88	1862.56	13.30	1685.82	21.52
7	24	1472.80	31.44	1360.80	36.65	1220.06	43.20

Pada teknik adsorpsi menggunakan karbon aktif, penurunan kandungan COD terjadi akibat dari proses adsorpsi senyawa organik yang terlarut dalam sampel oleh adsorben (dalam penelitian ini digunakan arang kayu gelam). Pada Teknik elektrokimia dengan cara elektrolisis untuk penanganan limbah senyawa organik dapat menghasilkan dekomposisi sempurna senyawa organik, menghasilkan produk akhir CO_2 , NH_3 dan H_2O yang dinilai lebih aman karena bebas dari polusi produk sampingan. Pada teknik oksidasi secara elektrolisis penurunan kandungan COD terjadi karena pemecahan molekul senyawa organik yang disebabkan pemberian energi listrik yang sangat besar (9 volt 10 ampere). Sedangkan pada teknik kombinasi, penurunan kandungan COD disebabkan oleh adsorpsi karbon dan pemecahan molekul senyawa organik, sehingga penurunan lebih cepat dan efisien. Perbandingan penurunan kandungan COD antara teknik adsorpsi, elektrolisis dan kombinasi adsorpsi-elektrolisis dapat dilihat pada gambar 4.11.



Gambar 4.11 : Perbandingan kandungan COD sampel dengan beberapa variasi perlakuan terhadap waktu.

Dari gambar 4.11. terlihat bahwa pada 4 (empat) jam pertama adsorpsi arang kayu gelam jauh lebih cepat dibandingkan dengan elektrolisis dalam menurunkan kandungan COD limbah, tetapi setelah 15 jam, kondisi tersebut berubah, hal ini mungkin terjadi tingkat adsorbs arang kayu gelam mulai mencapai titik jenuh. Dalam waktu 24 jam pertama, teknik adsorbs dapat menurunkan COD limbah sampai sebesar 31,44 %, sedangkan dengan elektrolisis dalam waktu 24 jam, kandungan COD limbah dapat turun hingga 36,65%. Teknik kombinasi adsorbsi-elektrolisis mampu meningkatkan pengurangan COD limbah industri sanitasi PT. Protekindo Sanita Jakarta mencapai 43, 20%, nilai penurunan COD limbah lebih signifikan dibandingkan teknik adsorbs maupun elektrolisis secara terpisah. Namun demikian kondisi optimal masing-masing teknik tidak dapat diperoleh, apabila dilakukan kombinasi teknik adsorbsi-elektrolisis. Karena diharapkan apabila dilakukan kombinasi, penurunan kandungan COD limbah adalah hasil penjumlahan penurunan COD dengan teknik adsorbs ditambah dengan teknik elektrolisis ($31,44 + 36,65 = 68,09\%$). Hal ini mungkin disebabkan karena logam timbal yang dipergunakan sebagai anoda ikut mengalami oksidasi dan terjerap pada permukaan arang aktif, akibatnya permukaan arang aktif berkurang keaktifannya sebagai adsorben. Atau faktor-faktor lain, yang menyebabkan kondisi optimal dari kedua teknik tidak dapat terjadi apabila kedua teknik dilakukan secara bersama-sama.

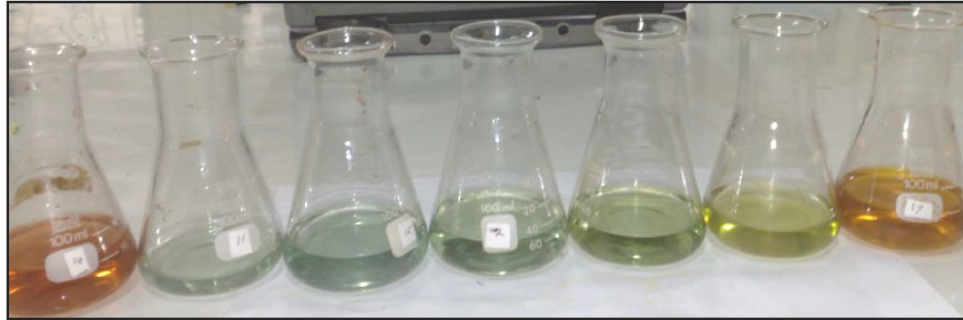
Meskipun kondisi optimal kedua teknik tidak dapat diperoleh apabila kedua teknik dikombinasikan, namun penulis beranggapan reaktor adsorpsi elektrolisis dapat diaplikasikan untuk menurunkan kadar COD limbah industri sanitasi. Sebagai langkah awal, penulis melakukan uji reaktor di laboratorium, dengan mini reaktor adsorpsi-elektrolisis. Reaktor ini prinsip kerjanya sama dengan yang akan diaplikasikan di pabrik, tetapi ukurannya sekitar 10% dari prototype reaktor skala industri.

4.4.3. Uji Mini reaktor adsorpsi-elektrolisis.

Sebelum prototype reaktor adsorpsi-elektrolisis diaplikasikan langsung di pabrik untuk menurunkan kandungan COD limbah di pabrik bahan kimia sanitasi PT. Protekindo Sanita Jakarta, terlebih dahulu dilakukan penelitian awal. Penelitian awal dilakukan di laboratorium kimia FMIPA UI dengan mini reaktor sebagai alat untuk mendegradasi CODnya. Sedangkan limbah yang dipergunakan adalah limbah hasil produksi bahan kimia sanitasi PT. Protekindo Sanita Jl. H. Asmin –Jakarta timur. Secara fisik limbah yang diambilkan karyawan PT. Protekindo Sanita Jakarta dapat digambarkan sebagai berikut: berwarna putih keabuan, berbau menyengat (bau busuk), memiliki pH 6,8 dan lebih kental apabila dibandingkan dengan air murni.



Gambar 4.12: Komponen mini reaktor
(Bak perendam, rumah reaktor, elektroda timbal dan arang kayu gelam)



Gambar 4.13: Perubahan warna sampel pada proses titrasi dengan FAS

Sampel limbah tersebut diproses menggunakan mini reaktor dengan variasi waktu 1 jam, 2 jam, 3 jam dan 4 jam serta variasi potensial listrik yakni 6 volt dan 9 volt dengan arus 10 ampere. Setelah proses adsorpsi-elektrolisa kemudian dilakukan pengujian terhadap kadar COD. Langkah awalnya adalah proses distruksi, semua zat organik yang terkandung didalam sampel diharapkan teroksidasi sempurna oleh kalium dikromat. Reaksi oksidasi akan efektif pada suhu 150°C . Dari itu Reaktor COD MAHIR harus dijaga suhunya agar setabil selama proses distruksi yakni dalam waktu 2 jam. Tutup tabung kultur juga harus rapat agar tidak ada gas yang keluar dari tabung. Sebagai katalis dipergunakan larutan perak sulfat (AgSO_4) daam asam sulfat, sedangkan untuk mengurangi pengaruh ion klorida (Cl^-) yang mungkin terdapat dalam sampel, ditambahkan merkuri sulfat (HgSO_4). Ion merkuri (Hg^{2+}) dapat membentuk senyawa kompleks yang stabil dengan ligan Cl^- . Setelah proses distruksi selesai, sampel didinginkan pada suhu kamar, dipindahkan kedalam labu elemeyer dan dibilas sampai benar-bear bersih, ditambah 1(satu) tetes indikator ferroin, kemudian disimpan dalam lemari es selama 10 menit. Setelah suhu mencapai 10°C sampel kemudian dititrasi dengan FAS, titik ekivalen dicapai setelah warnanya menjadi merah kecokelatan. Hasil titrasi sampel untuk mengukur kandungan COD, dengan volume sampel 2 mL, volume digest 3 mL, didapatkan data kebutuhan FAS seperti terlihat pada tabel 4.3 Dan 4.4 (lampiran 11)

Tabel 4.3 : Data volume FAS pada titrasi sampel hasil adsorbs-elektrolisis pada potensial 6 volt.

Waktu (jam)	0	1	2	3	4
Volume FAS (mL)	4.25	6.07	7.87	8.53	9.03

Tabel 4.4 : Data volume FAS pada titrasi sampel hasil adsorbs-elektrolisis pada potensial 9 volt.

Waktu (jam)	0	1	2	3	4
Volume FAS (mL)	4.25	6.43	8.03	8.73	9.20

Selanjutnya, kandungan COD dihitung menggunakan rumus berikut.

Perhitungan COD

Rumus :

$$\text{COD (mg O}_2\text{/L)} = \frac{(\text{Kb} - \text{Kc}) \times \text{N} \times \text{eO}_2 \times \text{F}}{\text{V sampel}}$$

Keterangan :

COD : Chemical Oxygen Demand (Kebutuhan Oksigen Kimiawi)

FAS : Ferro Amonium Sulfa

Kb : Volume FAS untuk titrasi blanko (mL)

Kc : Volume FAS untuk titrasi sampel (mL)

N : Normalitas FAS

eO₂ : Massa ekuivalen Oksigen

V : Volume sampel

F : Faktor konversi dari gram ke mg

Contoh perhitungan COD sampel No.1

Kb : 18,60 mL

Kc : 4,25 mL

N : 0,02 N

eO₂ : 8

F : 1000

V : 2,0 mL

$$\text{COD (mg O}_2\text{/L)} = \frac{(18.60 - 4,25) \times 0.02 \times 8 \times 1000}{2.0} = 1148.00$$

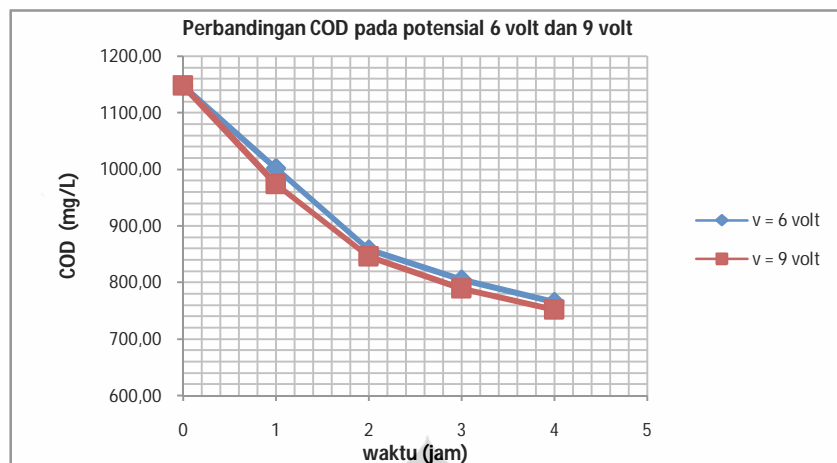
$$\text{COD (mg O}_2\text{/L)} = 1148,00 \text{ mgO}_2\text{/L}$$

Dengan cara perhitungan seperti contoh diatas, dapat ditentukan kandungan COD sampel limbah industri bahan kimia PT. Protekindo Sanita Jakarta yang telah diproses dengan metode adsorpsi-elektrolisis menggunakan Mini Reaktor dengan berbagai kondisi seperti tertera dalam tabel 4.5.

Tabel 4. 5: hasil pengukuran COD dengan mini reaktor

No	Potensial /Arus	Waktu	Volume sampel	Sebelum adsorpsi-elektrolisis		Sesudah adsorpsi-elektrolisis	
				pH	COD	pH	COD
1	6 Volt	1 jam	2 mL	6.8	1148,00	6.8	1002.67
2	6 Volt	2 jam	2 mL	6.8	1148,00	6.8	858.67
3	6 Volt	3 jam	2 mL	6.8	1148,00	6.8	805.33
4	6 Volt	4 jam	2 mL	6.8	1148,00	6.9	765.33
5	9 Volt	1 jam	2 mL	6.8	1148,00	6.9	973.33
6	9 Volt	2 jam	2 mL	6.8	1148,00	6.9	845.33
7	9 Volt	3 jam	2 mL	6.8	1148,00	7.0	789.33
8	9 Volt	4 jam	2 mL	6.8	1148,00	7.0	752.00

Besarnya penurunan kandungan COD dengan menggunakan arus listrik 10 ampere pada potensial 6 volt, dibandingkan dengan penggunaan arus listrik 10 ampere pada potensial 9 volt, dapat dilihat pada gambar grafik 4.13.



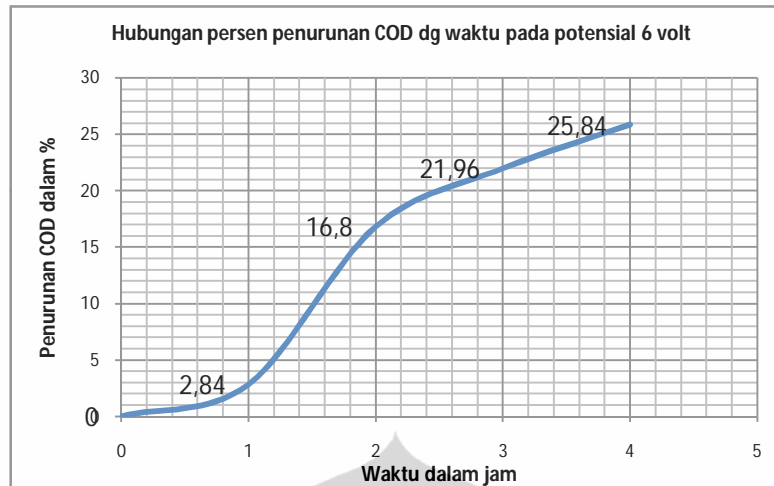
Gambar 4.13: Perbandingan kandungan COD sampel, hasil degradasi adsorpsi-elektrolisis pada potensial 6 volt dan 9 volt

Dari data tersebut disimpulkan bahwa reaktor adsorpsi-elektrolisis dapat menurunkan kadar COD limbah pabrik bahan kimia sanitasi PT. Protekindo Sanita. Semakin lama waktu kontak semakin besar penurunan harga COD. Arus listrik juga meningkatkan daya degradasi, tetapi tidak terjadi perbedaan yang signifikan antara potensial 6 volt dengan 9 volt. Sedangkan persentase penurunan COD setelah dilakukan proses adsorpsi-elektrolisis dapat digambarkan pada tabel 4.6

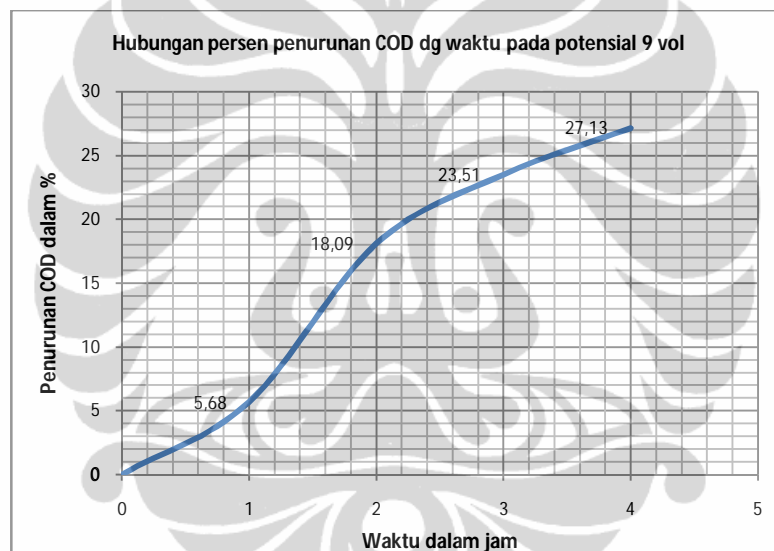
Tabel.4.6. persentase pengurangan COD dengan reaktor mini

No	Potensial (I=10 A)	Waktu	Sebelum adsorpsi-elektrolisis		Sesudah adsorpsi-elektrolisis		% Penurunan COD
			pH	COD	pH	COD	
1	6 Volt	1 jam	6.8	1032.00	6.8	1002.67	2.84
2	6 Volt	2 jam	6.8	1032.00	6.9	858.67	16.80
3	6 Volt	3 jam	6.8	1032.00	6.9	805.33	21.96
4	6 Volt	4 jam	6.8	1032.00	6.9	765.33	25.84
5	9 Volt	1 jam	6.8	1032.00	6.8	973.33	5.68
6	9 Volt	2 jam	6.8	1032.00	6.9	845.33	18.09
7	9 Volt	3 jam	6.8	1032.00	6.9	789.33	23.51
8	9 Volt	4 jam	6.8	1032.00	7.0	752.00	27.13

Persentase penurunan kadar COD dibandingkan dengan potensial listrik pada kuat arus yang sama (10 ampere) dapat digambarkan pada grafik

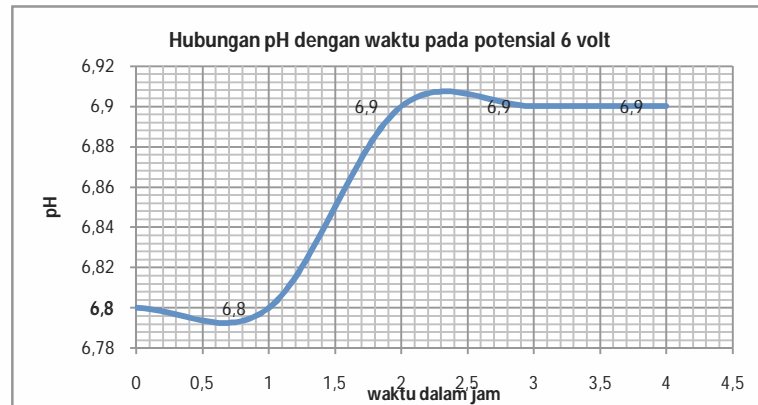


Gambar 4.17: penurunan COD untuk potensial 6 volt

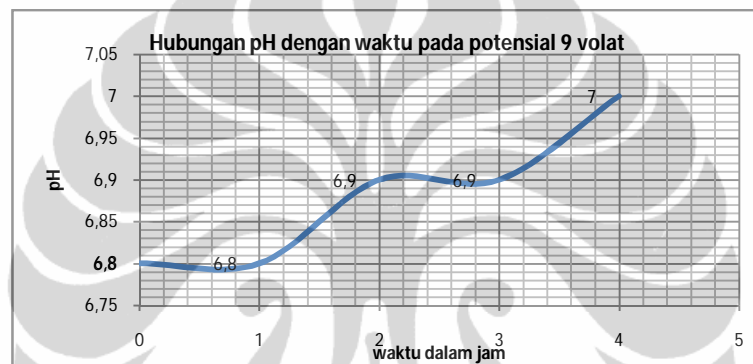


Gambar 4.18: penurunan COD untuk potensial 9 volt

Harga pH sampel limbah setelah proses adsorbs-elektrolisis terjadi perubahan. Tingkat keasaman larutan semakin berkurang, seperti digambarkan dalam gambar 4.17 dan gambar 4.18.



Gambar 4.19: perubahan pH (pada potensial 6 volt)



Gambar 4.20: perubahan pH (pada potensial 9 volt)

Berdasarkan data penelitian awal, maka dapat disimpulkan bahwa reaktor adsorpsi-elektrolisis dapat dibuat prototipenya untuk skala industry dan aplikasikan langsung untuk mendegradasi kandungan COD limbah industri bahan kimia sanitasi pada PT. Protekindo Sanita Jakarta Jl. Asmin-Pasar rebo, Jakarta Timur.

4.5. Aplikasi reaktor Adsorpsi-elektrolisa.

Managemen PT. Protekindo Sanita Jakarta, menghendaki agar aplikasi rektor adsorpsi-elektrolisis sedapat mungkin menggunakan bahan-bahan dan peralatan yang sudah tersedia di pabrik, terutama bahan-bahan bekas (re-use, re-circle). Karena di pabrik PT. Protekindo sanita jakarta banyak terdapat galon-galon bekas dengan ukuran besar, makan bak yang dipergunakan untuk proses degradasi COD mempergunakan galon bekas aquades yang ukurannya 1100 L.



Gambar 4.21: Limbah kemasan bahan kimia

Limbah kemasan aquades yang berukuran 1100 L, dapat dimodifikasi untuk digunakan sebagai bak perendam (batch) reaktor adsorpsi-elektrolisis, dengan demikian ukuran reaktornya pun disesuaikan dengan ukuran galon yang sudah tersedia. Dimensi reaktor adsorpsi-elektrolisis adalah 70 cm x 40 cm x 50 cm.



Gambar 4.22a-22b: Tampak luar dan dalam, galon kemasan aquades 1200 L



Gambar 4.23 : Reaktor Adsorpsi-elektrolisis dan bak reaktor

Setelah komponen reaktor siap, kemudian limbah yang baru keluar dari proses produksi di diisikan kedalam bak perendam (batch) sampai kurang lebih 90% volume bak. Kemudian arus listrik dialirkan melalui elektroda, sebagai penyearah arus, dipergunakan power suplay yang dapat beroperasi dalam jangka waktu lama tanpa terhenti. Arus yang dialirkan adalah 10 ampere pada potensial 9 volt. Pemilihan potensial 9 vol dengan arus listrik 10 amphere, didasarkan pada kondisi optimal alat yang bisa disediakan (panel penyearah listrik yang terseidia memiliki potensial antara 6 volt s.d 9 volt).

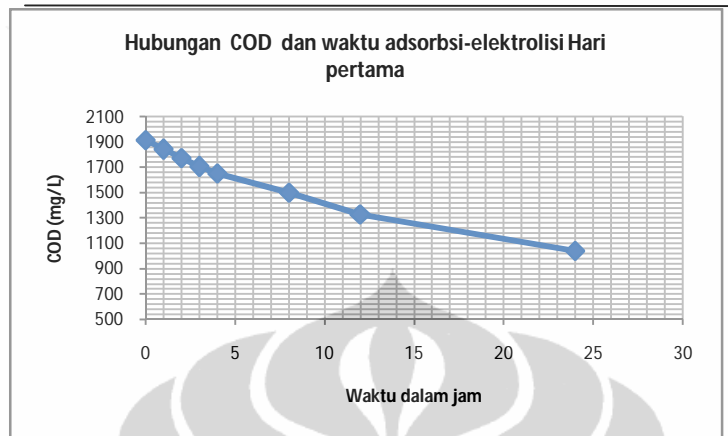
Untuk mengetahui apakah alat berfungsi dengan baik, secara berkala arus listrik yang mengalir diukur konduksinya, pada elektroda elektroda timbal, air limbah (sampel) dan arang aktifnya.

4.6. Pembahasan COD dan pH

Pada hari pertama, sampling dilakukan setelah reaktor beroperasi 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, 8 jam, 12 jam dan 24 jam, setelah itu limbah diganti dengan yang baru dan sampel di uji nilai CODnya. Pada pengujian hari pertama didapat data seperti tertera dalam tabel 4.7 berikut:

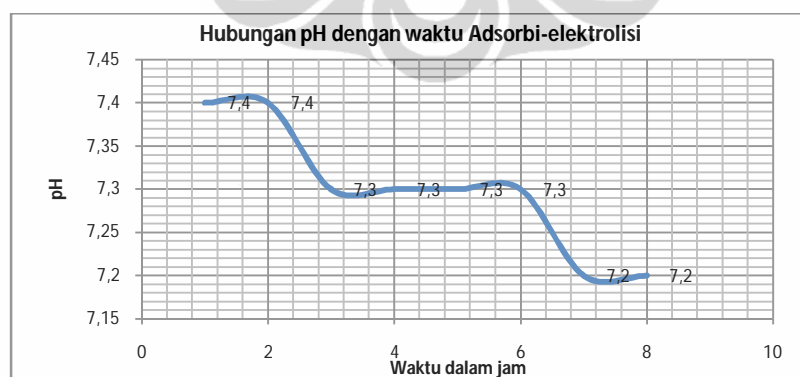
Tabel 4.7: data kandungan COD hasil adsorpsi-elektrolisis hari ke 1

No.	Waktu	pH	COD	% penurunan COD
1	0 jam	7.40	1916.27	0.00
2	1 jam	7.40	1841.60	3.88
3	2 jam	7.30	1772.80	7.47
4	3 jam	7.30	1705.60	10.98
5	4 jam	7.30	1652.80	13.74
6	8 jam	7.30	1502.40	21.59
7	12 jam	7.20	1329.60	30.61
8	24 jam	7.20	1041.60	45.64



Gambar 4.24: Hubungan COD dengan waktu selama 24 jam hari ke-1

Reaktor adsorpsi-elektrolisis pada hari pertama dapat berfungsi dengan cukup baik, dalam waktu kurang lebih 24 jam penurunan harga COD mencapai 45,64 %. Meskipun demikian nilai COD sebesar 1041,60 mg/L masih berada diatas ambang batas yang diijinkan untuk limbah industri detergen dan sejenisnya yakni 100 mg/L. Sedangkan tingkat keasaman (pH) hasil degradasi hari pertama dapat digambarkan sesuai grafik pada gambar 4.26



Gambar 4.25: perubahan pH hari ke 1

Berbeda dengan data penelitian awal, harga pH hasil degradasi limbah selama 24 jam di hari pertama ternyata mengalami penurunan dari 7,4 menjadi 7,2. Hal ini mungkin disebabkan karena bertambahnya konsentrasi

gas CO_2 yang terlarut membentuk H_2CO_3 . Asam karbonat ini sebagian dapat terion membentuk ion H^+ . Untuk penelitian selanjutnya, air limbah akan diganti setiap 24 jam, sampel akan diukur CODnya sebelum dan sesudah proses adsorpsi-elektrolisis berlangsung, selama kurang lebih satu bulan. Setiap satu atau dua jam dilakukan pengecekan untuk memastikan reaktor berfungsi dengan baik. Dan apabila terjadi mati lampu, maka data pada hari tersebut dibatalkan. Dari hasil pengukuran COD dan pH didapat data seperti terlihat pada tabel 4.8.



Tabel 4.8 : data hasil degradasi adsorpsi-elektrolisis bulan ke 1

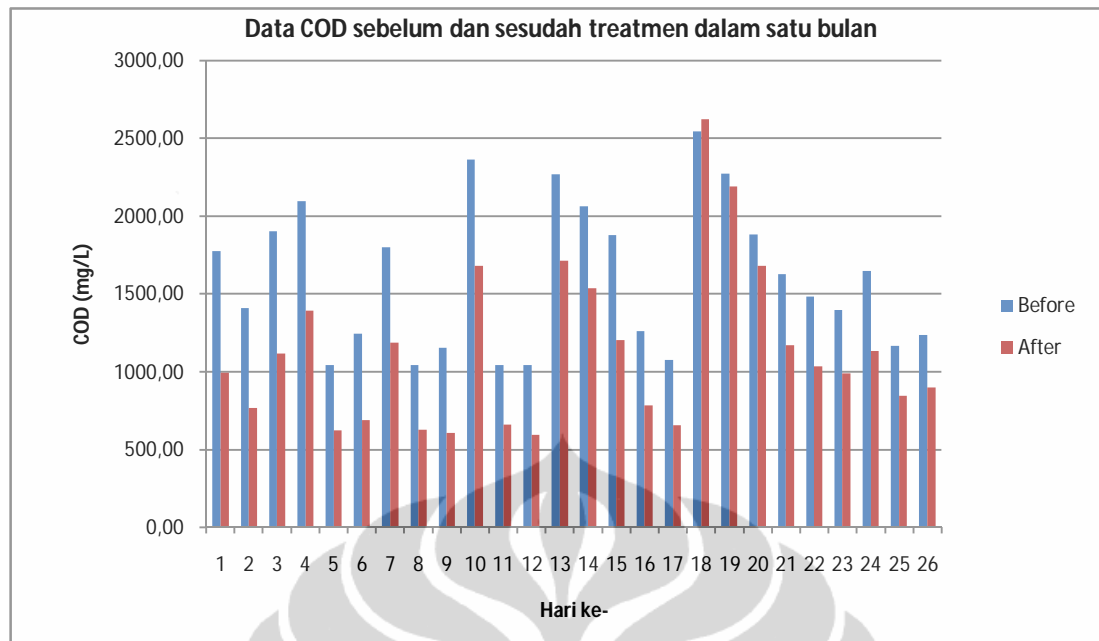
No.	Tanggal	PH		COD		% penurunan COD
		Awal	Akhir	Awal	Akhir	
1	14 Juni 2010	7.3		1776,00		
2	15 Juni 2010	7.4	7.2	1408,00	992,00	44.14
3	16 Juni 2010	7.5	7.3	1904,00	764.80	45.68
4	17 Juni 2010	6.8	7.5	2097.60	1116.80	41.34
5	18 Juni 2010		7.0		1393.60	33.56
6	21 Juni 2010	7.2		1041.60		
7	22 Juni 2010	6.8	7.2	1246.40	622.40	40.25
8	23 Juni 2010	6.6	6.5	1801.60	688,00	44.80
9	24 Juni 2010	7.1	7.1	1041.60	1185.60	34.19
10	25 Juni 2010		6.8		625.60	39.94
11	28 Juni 2010	7.2		1153.60		
12	29 Juni 2010	8.4	7.4	2366.40	606.40	47.43
13	30 Juni 2010	7.5	8	1041.60	1681.60	28.94
14	1 Juli 2010	6.8	7.4	1041.60	657.60	36.87
15	2 Juli 2010		6.8		593.60	43.01
16	5 Juli 2010	8.5		2270.40		
17	6 Juli 2010	8.2	8.3	2065.60	1713.60	24.52
18	7 Juli 2010	6.5	7.8	1880,00	1537.60	25.56
19	8 Juli 2010	7.2	6.8	1260.80	1201.60	36.09
20	9 Juli 2010		6.8		782.40	37.94
21	12 Juli 2010	7.1		1073.60		
22	13 Juli 2010	8.4	6.8	2545.60	654.40	39.05
23	14 Juli 2010	8.1	8.2	2273.60	2625.60	-3.14
24	15 Juli 2010		7.9		2193.60	3.52
25	19 Juli 2010	8.2		1884.80		
26	20 Juli 2010	6.6	8	1627.20	1681.60	10.78
27	21 Juli 2010	6.6	6.8	1484.80	1169.60	28.12
28	22 Juli 2010	7.2	7	1396.80	1035.20	30.28
29	23 Juli 2010		7.2		987.20	29.32
30	26 Juli 2010	6.7		1649.60		
31	27 Juli 2010	6.8	6.8	1164.80	1132.80	31.33
32	28 Juli 2010	6.8	7	1236.80	844.80	27.47
33	29 Juli 2010		7.1		899.20	27.30

Keterangan:

Waktu : waktu pengambilan sampel

Awal : sampel awal sebelum limbah didegradasi

Akhir : setelah dilakukan proses adsorpsi-elektrolisis selama 24 jam



■ Before (COD sebelum proses adsorpsi-elektrolisis)
■ After (COD sesudah proses adsorpsi-elektrolisis)

Gambar 4,26: perbandingan COD satu bulan pertama

Dari data pengukuran COD selama satu bulan pertama, didapatkan data bahwa karakteristik limbah cair yang dihasilkan oleh pabrik bahan kimia sanitasi PT. Protekindo sanita jakarta, sangatlah beragam. Bahkan secara fisik keberagaman tersebut dapat juga teramati, misalnya dari warna, kekentalan aroma dan lain-lain. Hal ini mungkin terkait dengan varian produk yang sangat banyak dan beragam pula.



Gambar 4.27a,27b,27c: Beberapa contoh limbah PT. Protekindo Sanita Jakarta

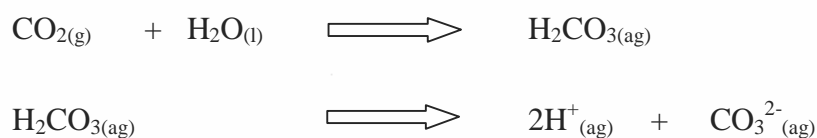
Dari tabel 4.10. terlihat bahwa rata-rata kinerja reaktor menunjukkan performa yang optimal (diatas 40 %). Namun demikian sempat terjadi penurunan performa reaktor pada hari ke 18, dimana setelah proses adsorpsi-elektrolisis justru terjadi peningkatan kandungan COD dari 2545,6 mg/L

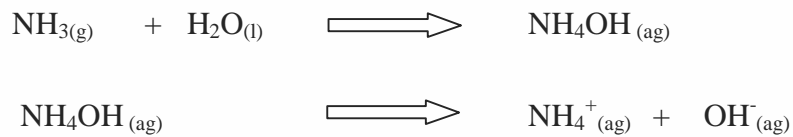
menjadi 2625,6 mg/L. Selain kenaikan harga COD, ternyata limbah yang diproses dengan adsorpsi-elektrolisis warnanya juga berubah menjadi hitam pekat dan timbul endapan berwarna hitam, seperti tampak pada gambar 4. 26.



Gambar 4.28: Hasil degradasi Adsorpsi-Elektrolisis hari ke 18

Keadaan ini, mungkin disebabkan karena kandungan limbah pada hari tersebut bersifat sangat reaktif terhadap arang, sehingga sebagian dari arang dapat larut (terkikis). Tingkat keasaman (pH) masing-masing sampel ternyata juga sangat bervariasi, ada yang bersifat asam ($\text{pH} < 7$) ada yang basa ($\text{pH} > 7$). Dari tabel. 4.10 tidak terlihat adanya korelasi antara harga COD dengan tingkat keasaman (pH). Beberapa hal yang mungkin bisa ditarik kesimpulan, apabila pH mendekati 7 (netral) maka kandungan COD limbah relatif rendah. Apabila pH setelah proses adsorpsi-elektrolisis menurun, mungkin hal ini disebabkan bertambahnya gas CO_2 yang terlarut dan membentuk ion CO_3^{2-} , sedangkan apabila pH sampel meningkat hal ini mungkin disebabkan karena bertambahnya gas NH_3 yang terlarut dan membentuk ion NH_4^+ , seperti reaksi berikut:





Dari tabel 4.10. didapat data bahwa performa reaktor adsorpsi-elektrolisis juga semakin menurun seiring berjalannya waktu. Sehingga perlu penelitian lebih lanjut untuk mengetahui waktu optimal untuk regenerasi arang aktif sebagai adsorben.

4.7. Uji Kandungan Logam Timbal (Pb) dalam Sampel

Untuk mengetahui kandungan logam berat yang terdapat di dalam limbah maupun arang aktif, dilakukan pengujian kandungan logam berat timbal (Pb). Penelitian ini dilaksanakan setelah reaktor adsorpsi-elektrolisis dioperasikan selama 1(satu) bulan yakni antara tanggal 14 Juni sampai dengan 29 Juli 2010. Sampel yang diambil adalah limbah cair dari beberapa lokasi dan arang aktif yang digunakan sebagai adsorben.

Pengujian dilakukan di laboratorium afiliasi FMIPA Kimia UI Depok menggunakan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). Data hasil karakterisasi dapat dilihat pada tabel 4.9

Data hasil pengukuran

Tabel 4.9: Analisa kandungan Pb dalam sampel

Analisis Sampel	
Rumus :	Ket:
$C = \frac{c \times D \times Fp}{W}$	C = Konsentrasi akhir (ug/g) Kons hasil pengukuran
	c = (ug/mL)
	D = Volum dilusi (mL)
	Fp = Faktor pengenceran total Berat sampel
	W = (g)

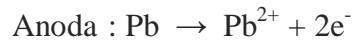
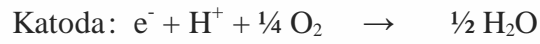
No.	Sampel	Abs	ug/mL	D (mL)	Fp	W (g)	C (ug/g)	Ket
1	1a	0.0326	2.1733	50	1	1.0028	108.36	
2	1b	0.0710	4.7333	50	1	1.0155	233.05	170.71
3	2a	0.1006	6.7067	50	1	1.0078	332.74	
4	2b	0.1479	9.8600	50	1	1.0709	460.36	396.55
5	3	0.0414	2.7600	1	20		55.20	
6	4	0.0024	0.1600	1	20		3.20	
7	5	0.0014	0.0933	1	20		1.87	
8	6	0.0018	0.1200	1	20		2.40	
9	7	0.0020	0.1333	1	20		2.67	
10	8	0.0062	0.4133	1	20		8.27	

Keterangan:

- 1a dan 1b : arang sebelum dipergunakan untuk reaktor adsorbsi-
elektrolisis
- 2a dan 2b : arang sesudah dipergunakan untuk reaktor adsorbsi-
elektrolisis
- 3 : limbah cair didalam bak reaktor (batch)
- 4, 5, 6 dan 7 : limbah cair dari saluran air sekitar pabrik
8. : limbah cair ditempat penampungan akhir limbah.

Kandungan logam berat (Pb) limbah hasil pengukuran dilaboratorium afiliasi UI Depok menunjukkan bahwa arang aktif sebelum dipergunakan untuk adsorben pada reaktor adsorbsi-elektrolisis memiliki kandungan logam timbal (Pb) yang cukup tinggi 170,71 ppm. Setelah penggunaan sebagai adsorben selama 1(satu) bulan kandungan timbal (Pb) dalam arang 396.55 ppm, terjadi peningkatan sampai 132,30%. Data ini memberikan indikasi bahwa banyak terjadi oksidasi pada logam timbal (Pb) yang dipergunakan sebagai elektroda. Disisi lain didapat informasi bahwa arang aktif sangat baik dipergunakan sebagai adsorben logam timbal (Pb). Karbon aktif memiliki ruang pori sangat banyak dengan ukuran tertentu. Pori-pori ini dapat menangkap partikel-partikel sangat halus (molekul) terutama logam berat. Penyerapan menggunakan karbon aktif sangat efektif untuk menghilangkan logam berat. Ion logam berat ditarik oleh karbon aktif dan melekat pada permukaannya dengan kombinasi dari adsorbsi dan reaksi kimia membentuk kompleks chelat. Karbon aktif memiliki jaringan porous (berlubang) yang sangat luas yang berubah-ubah bentuknya untuk menerima molekul pengotor baik besar maupun kecil.

Air limbah industri yang di analisis juga menunjukkan peningkatan kadar timbal (Pb), kadar tersebut melebihi ambang batas yang diijinkan untuk industri bahan kimia sanitasi. Reaksi yang terjadi pada elektroda timbal adalah sebagai berikut :



Dengan demikian maka sebaiknya dicari alternative pengganti timbal (Pb) sebagai elektroda, karena penggunaan timbal sebagai elektroda dalam elektrolisis untuk pengolahan limbah cair akan menimbulkan pencemaran logam timbal.



BAB 5

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

- 5.1.1. Reaktor Adsorpsi-Elektrolisis dengan menggunakan arang kayau gelam Dan elektroda timbal (Pb) dapat berfungsi untuk menurunkan kandungan COD limbah bahan kimia sanitasi PT. Protekindo Sanita Jakarta sampai kisaran 40 %
- 5.1.2. Semakin lama waktu kontak antara sampel dengan reaktor semakin besar pula penurunan kandungan COD.
- 5.1.3. Reaktor pengukuran COD MAHIR dapat berfungsi untuk mempercepat terjadinya reaksi oksidasi bahan organik dalam limbah dengan optimum, sehingga dapat dilakukan pengukuran harga COD dengan lebih efektif dan efisien.

5.2. Saran

- 5.2.1. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya dicarikan alternatif pengganti timbal (Pb) sebagai elektroda, karena bahan kimia yang terkandung dalam limbah PT. Protekindo Sanita sangat korosif terhadap timbal.
- 5.2.2. PT. Protekindo Sanita Jakarta diharapkan dapat memanfaatkan ulang air cucian limbah yang pertama sebagai pelarut produk sejenis, pada periode produksi berikutnya. Sehingga limbah yang dibuang kelingkuhan kandungan CODnya relative lebih rendah.
- 5.2.3. Agar pengolahan limbah lebih optimal, sebaiknya diterapkan sistem terpadu, misalkan diaerasi atau dengan lumpur aktif baru kemudian dilakukan adsorpsi–elektrolisis.
- 5.2.4. Sebaiknya PT. Protekindo mengukur kandungan COD limbah buangan produksi setiap hari, atau minimal satu minggu dua kali, sehingga kondisi limbah dapat terkontrol dengan lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Activated Carbon “ How to find Best Activated Carbon
“<http://www.lenntech.com/library/adsorption/adsorption.html>”, 17
November 2010, pk. 22.15.
- Activated Carbon. “ History
“<http://www.carbochem.com/activatedcarbon101.html>, 24 April 2010,
pk. 19.35. WIB
- Alaerts, G & Sri Sumestri Santika. 1984. *Metode Penelitian Air*. Surabaya : Usaha Nasional
- APHA-AWWA-WPCF, (1992) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 18th edn, American Public Health Association, Washington, DC.
- Atkins, P.W. 2007. *Kimia fisik jilid I edisi ke empat*. Terj. dari Physical chemistry, oleh Irma I. Kartohadiprojo. Erlangga. Jakarta:xv + 530 hlm
- Bard. J Allen & L.R Faulkner. 2001. *Electrochemical methods fundamental and application second edition*. US.john wiley & sons, Inc. Washinton DC: xv + 530 hlm
- Benny Syahputra. (2005). *Pengolahan Air Limbah Batik Dengan Proses Kombinasi Elektrokimia, Filtrasi, dan Adsorpsi*.
- Bird,Tony. 1987. *Kimia Fisik untuk Universitas*. Jakarta : PT Gramedia
- Brady, James E. 1991. *Kimia universitas asas dan struktur edisi kelima jilid satu*. Terj. dari General chemistry and principles & structure, oleh Sukmariah, Maun, K., Anas, T.S, Sally. Binarupa aksara. Jakarta: xv + 633 hlm.
- Day. R.A, A.L Underwood. 1998. *Analisa kimia Kuantitatif edisi kelima*. Terj. dari Quantitative analysis, oleh Aloysius Hadyana Pudjaatmaka. Erlangga. Jakarta: xv + 692 hlm
- Electropolymerization. <http://intel.ucc.ie/sensors/Electropolym.htm>, 26 Agustus 2006, pk. 13.20.
- Fisik, Tim Kimia. 2001. *Penuntun Praktikum Kimia Fisik (Kelarutan Timbal Balik)*. Depok : Jurusan Kimia, FMIPA UI.

- Karmono; Cahyono, Joko. 1978. *Pengantar Penentuan Kualitas Air*. Yogyakarta : NUFFIC UGM
- Mariana, R. Flora. *Sensor Glukosa secara Voltametri Siklik dengan menggunakan Elektroda Karbon Pasta yang dimodifikasi dengan Glukosa Oksidase dan p-benzokuinon (Karya Utama Sarjana Kimia)*. Depok. Departemen Kimia FMIPA UI.
- Mattson and H. B. Mark, Jr. 1995, *Activated Carbon*, Marcel Dekker, New York
- Nanis kundari, *tinjauan kesetimbangan adsorpsi tembaga dalam limbah pencuci Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir-BATAN, 2008*
- Pitojo, Setijo. 2002. *Deteksi Pencemaran Air Minum*. Semarang : Aneka Ilmu
- PT. Protekindi Sanita Jakarta , Profil Perusahaan,, , Jl. Asmi – Pasara Rebo. Jakarta Timur
- Rahmah, Luthfia. 2007. *Studi Pendahuluan Aplikasi Elektrokimia untuk Meningkatkan Adsorpsi Karbon Aktif pada Pewarna Biru Indigo*. Depok : Departemen Kimia FMIPA UI
- Rajkumar, D dkk. 2004. *Combined Electrochemical Degradation and Activated Carbon Adsorption Treatments for Wastewater Containing Mixed Phenolic Compound*. India : The NRC Research Press.
- Santoso, Kukuh. 2001. *Pengantar Ilmu Lingkungan*. Semarang: FMIPA UNNES
- Sembiring T, A. Susilorukmi & H. Sembiring. 1998. *Uji Viabilitas Bakteri Penghancur Phenol dalam Pellet Dolomit, Zeolit dan Karbon Aktif*. Teknologi Indonesia,
- Sitepoe, Mangku. 1997. *Air Untuk Kehidupan*. Jakarta: Grasindo
- Sri Sumestri Santika. 1984. *Metode Penelitian Air*. Surabaya : Usaha Nasional.
- Sukarjo. 2007. *Kimia fisik*. Jakarta: PT. Aneka Cipta, xv + 527 hlm.
- Suripin, 2001 *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta: Andi pres Yogyakarta
- Sunardi. 2004. *Diktat Kuliah Elektrokimia Analisis dan Dasar-dasar Pemisahan*. Depok : Departemen Kimia, FMIPA UI.
- Susana Rodríguez Couto* and José Luis Toca-Herrera*. 2006. *Lacasses in the textile industry*. Tarragona, Spain : Department of Chemical Engineering, Rovira i Virgili University.

- Susiana, Diah Eka. 2003. *Penentuan Parameter COD dan Air Raksa dalam Limbah Cair Apartemen dan Rumah Sakit*. Depok : Departemen Kimia FMIPA UI.
- Sutanto, Agus. 2000. *Perbandingan Efektivitas Zeolit dan Karbon Aktif dalam Mengadsorpsi Amonium dan Nitrat*. Depok : Departemen Kimia FMIPA UI.
- Sutrisno, Totok. Dkk. 2004. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta : Rineka Cipta
- Wahyuni, Arum. 2007. *Studi Pendahuluan Regenerasi Karbon Aktif yang Terjenuhkan Senyawa Fenol secara Elektrolisis*. Depok : Departemen Kimia FMIPA UI.
- Wijaya, Tri, 2009. *Pengolahan limbah cair*. Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS, Surabaya
- Wu, Zucheng dkk. 2004. *p-Nitrophenol Abatement by Combination of Electrocatalysis and Activated Carbon*. China : Department of Environmental Science and Engineering, Zhejiang University, Hangzhou
- Yinon Bendor. 2010. <http://www.chemicalelements.com/elements/pb.html> 15 Nopember 2010 pk.18.30