

**STUDI PENYERAPAN Pb(II) DALAM LIMBAH CAIR
BUATAN OLEH AEC (Activated *Eichhornia* Carbon)
DENGAN METODE POTENSIOMETRI**

TUGAS AKHIR

Oleh :
NILAWATI K. ANTHONY
0310930039-93



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2008**

**STUDI PENYERAPAN Pb(II) DALAM LIMBAH CAIR
BUATAN OLEH AEC (Activated *Eichhornia* Carbon)
DENGAN METODE POTENSIOMETRI**

TUGAS AKHIR

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang fisika

Oleh :

NILAWATI K. ANTHONY
0310930039-93



JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2008

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**STUDI PENYERAPAN Pb(II) DALAM LIMBAH CAIR
BUATAN OLEH AEC (Activated *Eichhornia* Carbon)
DENGAN METODE POTENSIOMETRI**

Oleh :
NILAWATI K. ANTHONY
0310930039-93

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang fisika

Pembimbing I,

Drs. Unggul P. Juswono, M.Sc
NIP. 131 879 050

Pembimbing II,

Johan A. E. Noor, PhD
NIP. 131 879 402

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya,

Dr. Adi Susilo, PhD
NIP. 131 960 447

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nilawati K. Anthony
NIM : 0310930039 – 93
Jurusan : Fisika
Penulis Tugas Akhir berjudul : Studi Penyerapan Pb(II) Dalam Limbah Cair Buatan Oleh AEC (Activated *Eichhornia* Carbon) Dengan Metode Potensiometri

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari Tugas Akhir yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam Tugas Akhir ini.
2. Apabila di kemudian hari ternyata Tugas Akhir yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, Agustus 2008
Yang menyatakan,

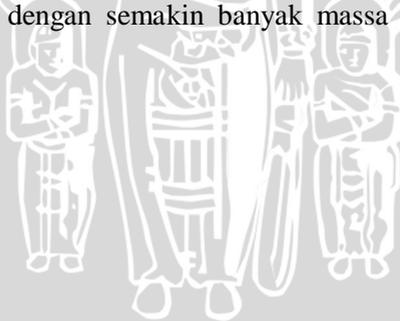
(Nilawati K. Anthony)
NIM. 0310930039-93

**STUDI PENYERAPAN Pb(II) DALAM LIMBAH CAIR
BUATAN OLEH AEC (Activated *Eichhornia* Carbon)
DENGAN METODE POTENSIOMETRI**

ABSTRAK

Pencemaran lingkungan perairan yang disebabkan oleh logam-logam berat yang berasal dari limbah industri sudah lama diketahui. Penggunaan karbon aktif merupakan salah satu teknologi yang dapat dipertimbangkan untuk menghilangkan bahan pencemar perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari penggunaan karbon aktif dari eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms) yang digunakan untuk penyerapan logam Pb(II) dalam limbah cair buatan dengan melihat pengaruh konsentrasi logam dan dosis adsorben serta mengetahui efektivitas AEC (Activated *Eichhornia* Carbon) terhadap adsorpsi logam berat Pb(II) dalam larutan limbah cair buatan menggunakan metode potensiometri.

Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa semakin banyak konsentrasi awal limbah logam Pb(II) yang diberikan maka semakin banyak logam Pb(II) yang diserap oleh AEC. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa AEC efektif dalam menyerap logam berat Pb(II) dengan semakin banyak massa adsorben yang diberikan.

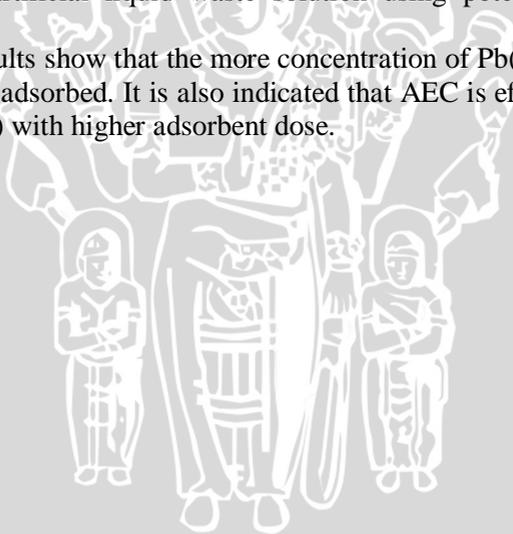


STUDY OF LEAD(II) ADSORPTION IN LIQUID WASTE BY AEC (Activated *Eichhornia* Carbon) WITH POTENTIOMETRY METHOD

ABSTRACT

Heavy metals containing industrial waste contamination to water resource has been long been known. Activated carbon might be used as an alternative technology to eliminate pollutants in waste water. This research was aimed to study the use of activated carbon made from water hyacinth (*Crassipes Eichhornia* (Mart) Solms) in the adsorption of Pb(II) in artificial liquid waste. The study was to find out the effect of metal concentration and adsorbent dose as well as effectiveness of AEC (Activated *Eichhornia* Carbon) on Pb(II) adsorption in artificial liquid waste solution using potentiometry method.

The results show that the more concentration of Pb(II) given, the more Pb(II) adsorbed. It is also indicated that AEC is effective in adsorbing Pb(II) with higher adsorbent dose.



KATA PENGANTAR

Segala puji syukur dan kemuliaan penulis persembahkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia, pemeliharaan dan rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul:

“ Studi Penyerapan Pb (II) Dalam Limbah Cair Buatan Oleh AEC (Activated *Eichhornia* Carbon) Dengan Metode Potensiometri”

Keberhasilan dari pelaksanaan dan penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan tulus hati penulis ucapkan terimakasih kepada yang terhormat:

1. Drs. Unggul P. Juswono, M.Sc, selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan skripsi ini.
2. Johan A. E. Noor, PhD., selaku dosen pembimbing II yang dengan sabar telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan skripsi ini.
3. Drs. Atikah Apt., MS., selaku dosen Kimia Analitik yang telah memberikan arahan dan pengetahuan.
4. Dra. Lailatin Nuriyah M.Si, Dra.S.J. Iswarin M.Si, Apt., Agus Naba S.Si., M.T., PhD., selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan, arahan dan nasehat.
5. Drs. Adi Susilo, M.Si, PhD., selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Brawijaya yang telah memberi kemudahan selama penelitian sampai selesai penelitian.
6. Kedua orangtua, adik, kakak beserta keluarga, yang telah membantu dengan segala cinta kasih dan memberikan dukungan doa untuk kelancaran pelaksanaan dan penulisan skripsi ini.
7. ”Japz” yang selalu memberikan dukungan dan semangatnya.
8. Teman-teman fisika 2003, yang tidak bisa disebutkan satu per satu, terimakasih atas semua dukungan dan semangatnya.

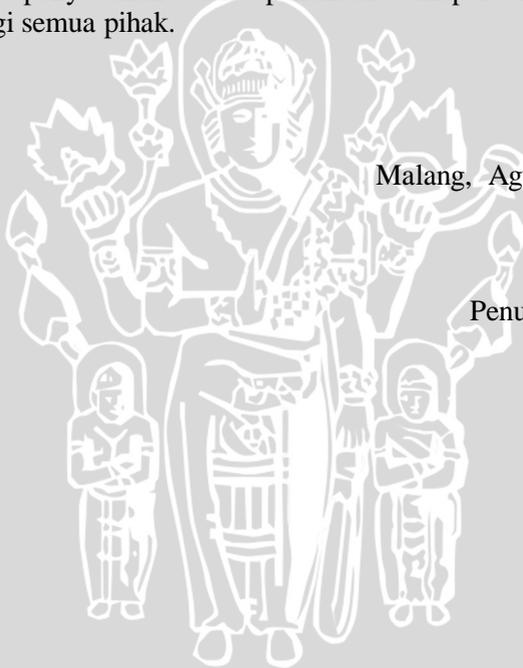
9. Para staf TU Fisika, pak Roby A. I. selaku laboran Biofisika dan pak Darwin selaku laboran Kimia Analitik terimakasih selama ini telah banyak membantu penulis dengan sabar.
10. Teman-teman KW 12 dan GS K/226 yang telah banyak membantu dan memberikan semangat.
11. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu, penulis ucapkan terimakasih atas bantuan yang diberikan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan, untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis mohon kiranya dapat dimaklumi dan penulis sangat mengharapkan saran dan kritik dari pembaca yang sangat membangun.

Semoga penyusunan dan penulisan skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, Agustus 2008

Penulis



DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL -----	i
HALAMAN PENGESAHAN -----	iii
HALAMAN PERNYATAAN -----	v
ABSTRAK/ABSTRACT -----	vii
KATA PENGANTAR -----	ix
DAFTAR ISI -----	xi
DAFTAR GAMBAR -----	xiii
DAFTAR TABEL -----	xiv
DAFTAR LAMPIRAN -----	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah -----	1
1.2. Perumusan Masalah -----	3
1.2.1. Rumusan Masalah -----	3
1.2.2. Batasan Masalah -----	3
1.3. Tujuan Penelitian -----	3
1.4. Manfaat Penelitian -----	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Logam Berat Pb(II) -----	5
2.2. Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart) Solm) -----	5
2.3. Karbon Aktif (<i>Activated Carbon</i>) -----	6
2.3.1. Istilah Karbon Aktif -----	6
2.3.2. Proses Pembuatan Karbon Aktif -----	6
2.3.3. Properti -----	7
2.3.4. Klasifikasi Karbon Aktif -----	7
2.3.5. Adsorpsi Karbon Aktif -----	9
2.4. Adsorpsi -----	10
2.5. Gaya Van der Waals -----	12
2.6. Elektroda Selektif Ion -----	13
2.7. ESI Tipe Kawat Terlapis -----	14
2.8. Limbah Cair Industri -----	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian -----	17
3.2. Alat dan Bahan Penelitian -----	17

3.2.1. Alat Penelitian -----	17
3.2.2. Bahan Penelitian -----	17
3.3. Rancangan Penelitian -----	17
3.3.1. Tahap Persiapan Adsorben -----	17
3.3.2. Tahap Persiapan Larutan Induk Na_2PbCl_4 0,05 M (adsorbat) -----	18
3.3.3. Tahap Persiapan Sampel Limbah Cair Buatan -----	19
3.3.4. Tahap Pengukuran Adsorpsi AEC -----	19
3.3.4.1. Penentuan Waktu Kesetimbangan Adsorpsi Pb(II) oleh AEC -----	19
3.3.4.2. Penentuan Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Jumlah Teradsorpsi -----	20
3.4. Analisa Data -----	20
3.5. Diagram Alir Penelitian -----	21
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Hasil Penelitian -----	23
4.2. Pengaruh Agitation Time dan Konsentrasi PbCl_4^{2-} dalam Penyerapan Pb(II) -----	25
4.3. Pengaruh Dosis Adsorben Terhadap Penyerapan Ion Logam Pb(II) -----	31
4.4. Interaksi Adsorben dengan Adsorbat pada Proses Adsorpsi -----	34
 BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan -----	43
5.2. Saran-----	43
 DAFTAR PUSTAKA -----	45
LAMPIRAN -----	51

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Tanaman Eceng Gondok -----	5
Gambar 2.2 Partikel Karbon Aktif-----	6
Gambar 2.3 Powder Activated Carbon (PAC) -----	8
Gambar 2.4 Granulated Activated Carbon (GAC)-----	8
Gambar 2.5 Pelleted Activated Carbon -----	9
Gambar 2.6 Permukaan dan Pori-pori Karbon -----	9
Gambar 2.7 Proses Adsorpsi -----	10
Gambar 2.8 Interaksi van der Waals -----	13
Gambar 2.9 Rangkaian ESI-----	13
Gambar 2.10 Skema Sel ESI Tipe Kawat Terlapis -----	14
Gambar 2.11 Rangkaian Pengukuran ESI -----	15
Gambar 3.1 Rangkaian Pengukuran Metode Potensiometri ----	19
Gambar 4.1 Struktur Permukaan AEC -----	23
Gambar 4.2 Grafik Kurva Baku Pengukuran Pb(II) -----	24
Gambar 4.3 Grafik Pb Terukur untuk Konsentrasi Awal Adsorbat 17, 83 ppm -----	26
Gambar 4.4 Grafik Pb Terukur untuk Konsentrasi Awal Adsorbat 124,76 ppm -----	27
Gambar 4.5 Grafik Pb Terukur untuk Konsentrasi Awal Adsorbat 1170,27 ppm -----	28
Gambar 4.6 Proses <i>Adsorption</i> oleh Karbon Aktif -----	31
Gambar 4.7 Grafik Kurva Baku Pengukuran Pb(II) -----	32
Gambar 4.8 Grafik Pengaruh Massa Adsorben terhadap Konsentrasi Pb untuk Konsentrasi Awal Adsorbat 12,58 ppm -----	33
Gambar 4.9 Grafik Pengaruh Massa Adsorben terhadap Konsentrasi Pb untuk Konsentrasi Awal Adsorbat 34,59 ppm -----	34
Gambar 4.10 Interaksi Antarmolekul (Gaya van der Waals) ----	37
Gambar 4.11 Diagram Getaran Elektron terhadap Inti Dalam Dua Atom -----	38
Gambar 4.12 Terjadinya Gaya Elektrostatis Antarmolekul-----	39
Gambar 4.13 Proses Terisnya Pori-pori Karbon Aktif -----	40

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Cair untuk Industri Golongan I dan II-----	16
--	----

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. PERHITUNGAN PEMBUATAN LARUTAN ----	51
Lampiran 2. PEMBUATAAN LARUTAN -----	53
Lampiran 3. FOTO ALAT-ALAT PENELITIAN -----	54

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan yang pesat di bidang ekonomi di satu sisi akan meningkatkan kualitas hidup manusia, yaitu dengan meningkatnya pendapatan masyarakat, tetapi di sisi lain akan berakibat pada penurunan kesehatan akibat adanya pencemaran yang berasal dari limbah industri dan rumah tangga. Hal ini karena kurangnya atau tidak memadainya fasilitas atau peralatan untuk menangani dan mengelola limbah tersebut.

Pemerintah mendefinisikan pencemaran sebagai masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam air/udara, dan/atau berubahnya tatanan (komposisi) air/udara oleh kegiatan manusia dan proses alam, sehingga kualitas air/udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Anonymous, 2008^a).

Salah satu pencemaran air adalah masuknya logam berat. Peningkatan kadar logam berat di dalam perairan akan diikuti oleh peningkatan kadar zat tersebut dalam organisme air seperti ikan, kerang, rumput laut, dan biota laut lainnya sehingga pemanfaatan organisme ini sebagai bahan makanan akan membahayakan kesehatan manusia.

Terdapat 80 jenis dari 109 unsur kimia di muka bumi ini yang telah teridentifikasi sebagai jenis logam berat (Vouk, 1986). Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat ini dapat dibagi dalam dua jenis. Jenis pertama adalah logam berat esensial, di mana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Contoh logam berat ini adalah Zn, Cu, Fe, Co, dan Mn. Sedangkan jenis kedua adalah logam berat tidak esensial atau beracun, di mana keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya atau bahkan dapat bersifat racun, seperti Hg, Cd, Pb, dan Cr. Logam berat ini dapat menimbulkan efek kesehatan bagi manusia tergantung pada bagian mana logam berat tersebut terikat dalam tubuh. Daya racun yang dimiliki akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim, sehingga proses metabolisme tubuh terputus. Lebih jauh lagi, logam berat ini akan bertindak sebagai

penyebab alergi, mutagen, teratogen atau karsinogen bagi manusia. Jalur masuknya adalah melalui kulit, pernapasan dan pencernaan.

Logam berat jika sudah terserap ke dalam tubuh maka tidak dapat dihancurkan tetapi akan tetap tinggal di dalamnya hingga nantinya dibuang melalui proses ekskresi (Nordberg, 1986). Hal serupa juga terjadi apabila suatu lingkungan terutama di perairan telah terkontaminasi (tercemar) logam berat maka proses pembersihannya akan sulit sekali dilakukan. Kontaminasi logam berat ini dapat berasal dari faktor alam seperti kegiatan gunung berapi dan kebakaran hutan atau faktor manusia seperti pembakaran minyak bumi, pertambangan, proses industri, kegiatan pertanian, peternakan dan kehutanan, serta limbah buangan termasuk sampah rumah tangga.

Batas ambang kandungan logam berat timbal di dalam air minum adalah sebesar $0,05 \text{ mgdm}^{-3}$. Sedangkan batas ambang logam timbal di dalam limbah industri menurut Environmental Protection Agency (EPA) adalah $0,05 \text{ mgdm}^{-3}$.

Beberapa metode telah dikembangkan untuk mengurangi limbah ion logam di dalam perairan antara lain: *precipitation*, *electrodeposition*, *ultrafiltration*, pertukaran ion (ion exchange), adsorpsi karbon aktif dan proses biologi. Metode adsorpsi, dibandingkan dengan metode yang lain mempunyai keuntungan lebih efektif dan efisien (Shekinah, P., dkk. 2002). Bahkan, metode adsorpsi karbon aktif akan memberikan hasil yang efektif dan kompetitif dalam pengurangan kadar logam berat di dalam perairan (Huang dan Blankeship, 1984).

Sumber material yang dapat digunakan sebagai karbon aktif di antaranya: sabut kelapa, kulit kacang tanah, batang padi, tempurung kelapa dan eceng gondok. Pengurangan logam berat dengan menggunakan karbon aktif eceng gondok merupakan suatu alternatif yang efektif dalam pengurangan limbah di perairan.

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solm) merupakan tumbuhan air yang hidup di air tawar seperti di danau-danau dan di sungai-sungai dan dikenal sebagai gulma air (Suarna, 1990). Eceng gondok mempunyai daya tahan hidup yang sangat tinggi dan pertumbuhan yang sangat cepat sehingga sangat sulit diberantas. Pertumbuhan eceng gondok yang tidak terkendali dapat menyebabkan pendangkalan pada danau, sungai atau daerah berair lainnya.

Dalam penelitian ini, dipelajari tentang AEC (Activated *Eichhornia* Carbon) yang diharapkan dapat mengurangi limbah logam berat di dalam perairan dengan memanfaatkan eceng gondok yang merupakan gulma air sebagai karbon aktif.

1.2. Perumusan Masalah

1.2.1. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh konsentrasi adsorbat (logam Pb(II) dalam larutan) dan massa adsorben (AEC) terhadap adsorpsi logam berat Pb(II) dalam larutan limbah cair buatan oleh AEC (Activated *Eichhornia* Carbon).

1.2.2. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini permasalahan yang dikaji dibatasi pada jenis dan usia tanaman eceng gondok yang dianggap cukup dewasa dan kondisi awal dianggap sama. Kisaran konsentrasi Na_2PbCl_4 yang digunakan dalam pengukuran pembuatan kurva baku adalah 5×10^{-6} M, 5×10^{-5} M, 5×10^{-4} M, 5×10^{-3} M, dan 5×10^{-2} M dengan asumsi bahwa konsentrasi logam berat dalam limbah perairan sangat besar. Ukuran partikel dan pori-pori karbon aktif eceng gondok dianggap sama. Sampel uji air limbah yang digunakan adalah air limbah buatan dengan komposisi Na_2PbCl_4 . Ion Pb(II) yang diukur merupakan ion Pb dalam bentuk senyawa PbCl_4^{2-} dalam larutan Na_2PbCl_4 dan sensor yang digunakan dalam pengukuran yaitu Elektroda Selektif Ion (ESI) PbCl_4^{2-} tipe kawat terlapis, karena dalam penelitian ini hanya dibatasi pada pengukuran penyerapan ion logam Pb(II).

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengamati dan mempelajari pengaruh konsentrasi adsorbat dan dosis adsorben serta mengetahui efektivitas AEC (Activated *Eichhornia* Carbon) terhadap adsorpsi logam berat Pb(II) dalam larutan limbah cair buatan dengan metode potensiometri.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat mendukung pengembangan pengendalian limbah perairan yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan tanaman eceng gondok sebagai bahan karbon aktif secara efektif dan efisien.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Logam Berat Pb(II)

Timbal merupakan unsur logam golongan IVA dalam sistem periodic dengan nomor atom 82. Logam timbal mempunyai ciri-ciri berwarna kelabu kebiru-biruan dan campuran. Isotopnya mempunyai massa 204 (15%), 206 (23,6%), 207 (22,6%) dan 208 (52,3%). Timbal yang stabil merupakan hasil peluruhan dari tiga radioaktif alam, dari uranium membentuk ^{206}Pb , dari thorium membentuk ^{208}Pb , dan dari aktinium membentuk ^{207}Pb (Othmer-Kirk, 1979^a).

Bentuk kristal dari timbal adalah berbentuk kubus pusat permukaan dan panjang tepi selnya adalah 4,9389 nm, banyaknya atom tiap 1 unit sel adalah 4. Timbal memiliki 2 bilangan oksidasi pada senyawanya yaitu +2 dan +4, tetapi yang sering adalah +2. Senyawa Pb^{4+} biasanya berikatan kovalen dan Pb^{2+} berikatan ionik (Othmer-Kirk, 1979^b).

2.2. Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms)

Tumbuhan eceng gondok merupakan tumbuhan yang dapat mengapung bebas bila di air dalam dan berakar di dasar bila di air dangkal. Tumbuhan eceng gondok berkembang biak secara generatif dan vegetatif. Perkembangbiakan secara vegetatif menggunakan stolon dan memegang peranan penting dalam pembentukan koloni, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.1**. Perkembangbiakannya bergantung pada kadar oksigen yang terlarut dalam air, dan pada konsentrasi 3,5-4,8 ppm perkembangbiakannya cepat (Moenandir, 1984).



Gambar 2.1 Tanaman eceng gondok.

Klasifikasi tumbuhan eceng gondok adalah sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae*
Divisio : *Magnoliophyta*
Sub divisio : *Spermatophyta*
Klas : *Liliopsida*
Ordo : *Liliales*
Familia : *Pontederiaceae*
Genus : *Eichhornia* Kunth
Spesies : *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms

2.3. Karbon Aktif (*Activated Carbon*)

2.3.1. Istilah Karbon Aktif

Karbon aktif (*activated carbon*) disebut juga arang aktif (*activated charcoal*) atau batubara aktif (*activated coal*) adalah suatu material organik yang mempunyai kandungan karbon sangat tinggi dengan luas permukaan (*surface area*) yang besar. Satu gram karbon aktif mempunyai luas permukaan kira-kira 500 m^2 , yang secara khas ditentukan oleh adsorpsi gas nitrogen dan sejumlah pori-pori berukuran mikro (Anonymous, 2008^b). **Gambar 2.2** menunjukkan bentuk dari partikel karbon aktif.



Gambar 2.2 Partikel karbon aktif (diambil dari Kvech dan Tull, 1998).

2.3.2. Proses Pembuatan Karbon Aktif

1. **Physical reactivation**: prekursor diubah menjadi karbon aktif dengan menggunakan gas. Proses ini dilakukan dengan cara berikut (Anonymous, 2008^b):
 - o **Karbonisasi**: material dengan kandungan karbon dipanaskan pada suhu $600-900 \text{ }^\circ\text{C}$ tanpa kontak dengan udara (atmosfer).

- o **Aktivasi/oksidasi:** material dioksidasi dengan atmosfer (karbondioksida, oksigen, atau uap air) pada suhu antara 600-1200 °C.
2. **Chemical activation:** material direaksikan dengan bahan kimia seperti asam fosfat, potassium hidroksida, sodium hidroksida atau seng klorida yang disertai proses karbonisasi pada suhu antara 450-900 °C.

2.3.3 Properti

Struktur karbon aktif terlihat menyerupai sejumlah pita kertas yang bertumpuk-tumpuk, bercampur dengan serpihan kayu. Banyak terdapat sudut dan celah, dan area permukaan datar seperti grafit yang tersusun sejajar dimana satu sama lain berjarak dalam skala nanometer. Pori-pori karbon aktif berukuran mikro mampu melakukan proses adsorpsi dengan baik secara bersamaan karena mempunyai area permukaan yang sangat luas. Secara fisik, ikatan material karbon aktif ditentukan oleh gaya Van der Waals yaitu gaya dispersi London (Anonymous, 2008^b).

Proses karbon aktif tergantung pada pemilihan sumber bahan karbon. Sumber bahan dipilih berdasarkan spesifikasi bahan yang akan dijadikan sebagai karbon aktif dengan properti yang berbeda. Beberapa bahan mentah yang dapat digunakan sebagai karbon aktif meliputi kayu, serbuk gergaji, batubara muda, *peat coal*, kulit kelapa dan residu minyak tanah (AWWA, 1971).

Karakteristik penting dalam memilih jenis karbon meliputi struktur pori-pori, ukuran partikel, luas area permukaan dan jarak ruang kosong antar partikel (Clark, 1989).

Karbon aktif tidak mengikat baik bahan kimia antara lain alkohol, glycols, amonia, asam kuat dan basa kuat, logam dan bahan anorganik seperti lithium, sodium, besi, arsenik, flourin dan asam borik. Karbon aktif dapat menyerap iodin dengan baik (Anonymous, 2008^b).

2.3.4 Klasifikasi Karbon Aktif

Berdasarkan karakteristik fisik (ukuran partikel), karbon aktif dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Anonymous, 2008^b):

1) Powdered activated carbon (PAC)



Gambar 2.3 Powder activated carbon (PAC).

PAC dibuat dalam bentuk serbuk dengan ukuran partikel kurang dari 1,0 mm. Ukuran diameter partikelnya 0,15 mm - 0,25 mm. PAC dibuat dengan menggunakan ayakan 80-mesh untuk menghasilkan partikel dengan ukuran 0,177 mm.

2) Granulated activated carbon (GAC)



Gambar 2.4 Granulated activated carbon (GAC).

Granulated activated carbon (GAC) mempunyai ukuran partikel yang lebih besar dibandingkan dengan powdered activated carbon (PAC). GAC dibuat dengan ukuran 8x20, 20x40, or 8x30 untuk aplikasi fase cair dan 4x6, 4x8 or 4x10 untuk fase uap. Menurut U.S. Standard Mesh Size, GAC dibuat dengan menggunakan ayakan 20-mesh (0,84 mm). AWWA (1992) menggunakan ayakan 50-

mesh (0,297 mm) untuk membuat GAC dengan ukuran minimum.

3) Pelleted activated carbon

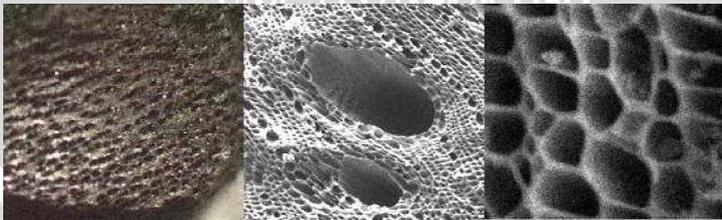


Gambar 2.5 Pelleted activated carbon.

Pelleted activated carbon mempunyai bentuk silinder dengan ukuran diameter partikel 0,8 mm - 5 mm. *Pelleted activated carbon* banyak digunakan dalam aplikasi fase gas.

2.3.5. Adsorpsi Karbon Aktif

Adsorpsi merupakan proses di mana karbon aktif memindahkan substansi dari air ke permukaan partikel adsorben. Dapat diartikan juga, adsorpsi adalah proses perpindahan substansi pada suatu permukaan partikel adsorben melalui proses fisika ataupun kimia. Adsorpsi berbeda dengan absorpsi, di mana unsur dipindahkan secara menyeluruh sampai ke bagian dalam suatu zat padat (Reynold dan Richards, 1996).



Gambar2.6 Permukaan dan pori-pori karbon (diambil dari Hoehn, 1996).

Menurut Hoehn (1996), karbon aktif merupakan salah satu material adsorben yang paling efektif karena mempunyai banyak pori-pori dan *surface area* yang sangat luas. Luas permukaan *surface area* berhubungan dengan ukuran partikel karbon dan permukaan luarnya. Satu gram karbon aktif sebanding dengan 100 m² *surface area*.

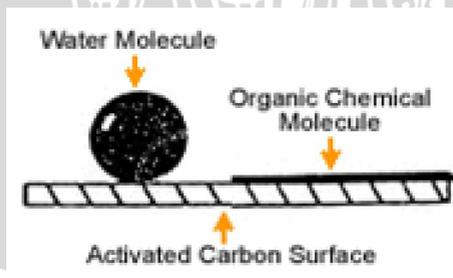
Karbon aktif menggunakan proses adsorpsi fisik dengan pengaruh gaya van der Waals menarik zat terlarut dari dalam larutan ke permukaan karbon (Reynolds&Richards, 1996). Proses adsorpsi karbon aktif meliputi 3 tahap, yaitu:

- 1) Substansi terserap pada bagian luar granula karbon
- 2) Substansi bergerak ke dalam pori-pori karbon
- 3) Substansi terserap ke dinding bagian dalam karbon.

2.4. Adsorpsi

Suatu zat padat mempunyai kecenderungan untuk menyerap atau menarik molekul-molekul gas atau cairan pada permukaannya, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.7**. Peristiwa ini disebut adsorpsi, zat padat itu disebut adsorben dan bahan yang terserap disebut adsorbat (Schweitzer, 1983).

Adsorpsi senyawa yang terlarut oleh adsorben berlangsung terus menerus dan berhenti pada saat sistem mencapai keseimbangan yaitu antara konsentrasi yang tinggal dalam larutan dengan konsentrasi yang diadsorpsi oleh adsorben. Adapun adsorben yang baik umumnya mempunyai luas permukaan yang besar tiap unit partikelnya (Tan, 1991).



Gambar 2.7 Proses adsorpsi (diambil dari Anonymous, 2008°).

Adsorpsi yang terjadi pada padatan disebabkan oleh gaya interaksi atom-atom atau molekul-molekul pada permukaan padatan. Secara umum adsorpsi dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia (Prayoga, 1981).

Adsorpsi fisik adalah adsorpsi yang disebabkan oleh interaksi antara adsorben dan adsorbat pada permukaan karena adanya gaya tarik van der Waals atau ikatan hidrogen (Oscik, 1982). Pada adsorpsi ini adsorbat tidak diikat dengan kuat pada permukaan adsorben sehingga dapat bergerak ke bagian permukaan adsorben yang lain. Adsorpsi fisika biasanya reversibel (dapat balik) karena adsorbat dapat dilepas kembali dengan adanya penurunan tekanan gas dan penurunan konsentrasi larutan. Panas adsorpsi fisika diketahui 63-84 kJ/mol (Parker, 1984).

Adsorpsi kimia adalah adsorpsi yang melibatkan interaksi yang lebih kuat antara adsorbat dengan adsorben sehingga adsorbat tidak bebas bergerak dari satu bagian permukaan ke bagian yang lain. Adsorben harus dipanaskan pada suhu tinggi untuk memisahkan adsorbat. Panas kimia lebih besar daripada adsorpsi fisika yaitu 86-126 kJ/mol (Parker, 1984).

Faktor-faktor yang memengaruhi adsorpsi antara lain (Weber, 1977):

a. Pengocokan

Kecepatan adsorpsi dipengaruhi oleh difusi pori, yang tergantung pada kecepatan pengocokan dalam sistem. Difusi pori umumnya mencapai maksimum bila kontak sistem terjadi dengan pengocokan yang kuat.

b. Luas permukaan adsorben

Luas permukaan adsorben sangat berpengaruh terhadap tersedianya tempat adsorpsi. Semakin besar luas permukaan adsorben maka semakin besar pula adsorpsi yang terjadi.

c. Jenis adsorben

Menyangkut sifat khas dari suatu adsorben untuk menyerap adsorbat. Adsorben yang bersifat polar cenderung menyerap adsorbat yang polar.

d. Kemurnian adsorben

Kemurnian adsorben dapat ditingkatkan melalui aktivitasnya. Pada umumnya, adsorben buatan lebih sering

digunakan daripada adsorben alam, karena kemurnian adsorben buatan lebih tinggi.

e. Ukuran molekul adsorbat

Ukuran molekul adsorbat berpengaruh pada proses adsorpsi. Semakin besar ukuran molekul maka adsorpsi akan semakin baik.

f. Temperatur

Kecepatan adsorpsi akan naik pada temperatur yang lebih rendah dan akan turun pada temperatur yang lebih tinggi.

g. pH larutan

Adsorpsi senyawa organik dari air akan naik dengan penurunan pH larutan. Hal ini karena terjadi netralisasi muatan negatif pada adsorbat dengan kenaikan konsentrasi ion hidrogen, sehingga permukaan karbon akan lebih aktif.

h. Konsentrasi adsorbat

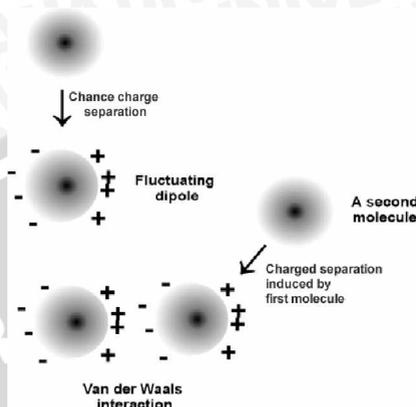
Adsorpsi akan meningkat dengan kenaikan konsentrasi adsorbat. Adsorpsi akan tetap jika terjadi keseimbangan antara konsentrasi adsorbat yang diserap dengan konsentrasi adsorbat yang tersisa dalam larutan (Sawyer dan McCarty, 1987).

2.5. Gaya van der Waals

Gaya van der Waals merupakan suatu gabungan gaya non-kovalen (gaya intermolekular) dalam ikatan kimia. Gaya van der Waals dapat digambarkan oleh molekul air yang tertarik satu sama lain karena adanya gaya elektrostatik, dan gaya inilah yang menggambarkan suatu ikatan atau gaya van der Waals (Anonymous, 2008^d). **Gambar 2.8** menunjukkan interaksi van der Waals.

Gaya van der Waals ditemukan di dalam molekul non-polar seperti gas hidrogen (H_2), karbondioksida (CO_2), nitrogen (N_2) dan gas mulia (He, Ne, Ar, Kr, dsb) (Lee, 1999).

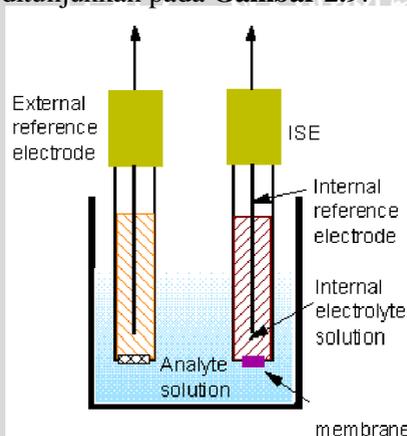
Dalam fasa cair, gaya van der Waals menyebabkan molekul-molekul dapat mengelompok dan dalam fasa padat gaya van der Waals dapat mengelompokkan atom atau molekul dalam susunan yang teratur di dalam kristal molekulnya. Gaya van der Waals terdiri dari beberapa jenis gaya yaitu gaya orientasi, induksi dan dispersi (Sukardjo, 1985).



Gambar 2.8 Interaksi van der Waals (diambil dari Anonymous, 2008^c).

2.6. Elektroda Selektif Ion

Elektroda Selektif Ion (ESI) adalah elektroda yang dapat menunjukkan selektifitas dalam pengukuran aktifitas ion tertentu (Cheek, *et al.*, 1983). ESI digunakan untuk analisis kuantitatif suatu ion tertentu. Karena elektroda tersebut merupakan sensor elektrokimia yang potensialnya akan berubah secara reversibel terhadap keaktifan dari ion yang ditentukan (Buchari, 1990). Rangkaian ESI ditunjukkan pada **Gambar 2.9**.



Gambar 2.9 Rangkaian ESI (diambil dari Tissue, 1997).

Elektroda Selektif Ion merupakan suatu sensor yang mengubah aktivitas spesifik ion di dalam suatu larutan menjadi suatu potensial listrik, dimana dapat diukur dengan sebuah volmeter atau pH meter. Bagian sensing dari elektroda terbuat dari suatu membran spesifik ion. Elektroda Selektif Ion banyak dimanfaatkan dalam bidang biokimia dan biofisika untuk pengukuran konsentrasi ion di dalam suatu larutan, biasanya dalam basis real time (Anonymous, 2008^f).

Perbedaan potensial disekitar membran merupakan beda potensial pada antarmuka membran-larutan. Potensial membran adalah potensial listrik yang timbul pada antarmuka membran yang memisahkan 2 larutan elektrolit (Lakshminarayanaiah, 1976).

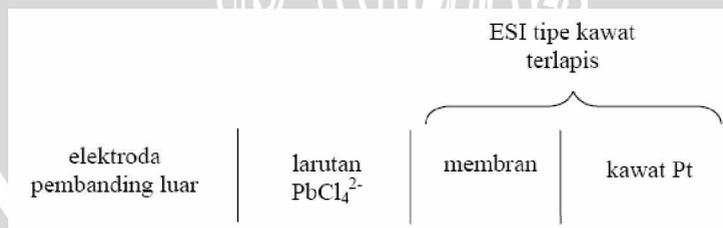
Beda potensial antarmuka membran-ion larutan dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$E = E^{\circ} - (2.303 RT/nF) \log (a) \quad (2.3)$$

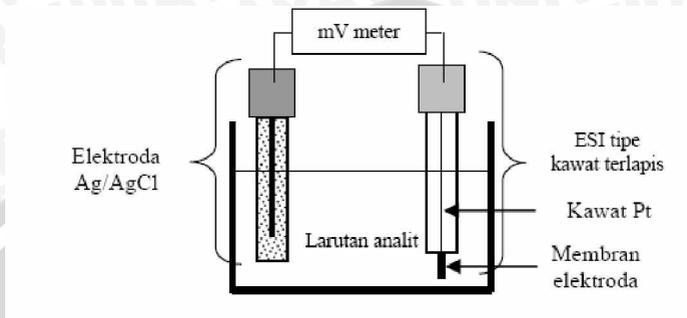
Dimana E° adalah potensial elektroda normal, R adalah konstanta gas ($8.314510 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$), T adalah suhu (K), n adalah jumlah elektron, F adalah konstanta Faraday ($9.6485309 \cdot 10^4 \text{ C mol}^{-1}$) dan a adalah aktivitas ion analit (Tissue, 1997).

2.7. ESI Tipe Kawat Terlapis

ESI tipe kawat terlapis merupakan sel paro elektrokimia (elektroda) yang tersusun dari kawat Pt yang dilapisi oleh membran selektif ion. Skema sel ESI tipe kawat terlapis ditunjukkan pada **Gambar 2.10** dan skema pengukuran larutan dengan menggunakan ESI tipe kawat terlapis ditunjukkan pada **Gambar 2.11**.



Gambar 2.10 Skema sel ESI tipe kawat terlapis (diambil dari IUPAC, 2006).



Gambar 2.11 Rangkaian pengukuran ESI (diambil dari Brian, 1997).

ESI PbCl_4^{2-} tipe kawat terlapis merupakan elektroda selektif ion yang mempunyai keakurasian tinggi dengan persen kesalahan kurang dari 1 % (0,09%- 0,63%). Batas deteksi pengukuran ESI PbCl_4^{2-} tipe kawat terlapis cukup rendah yaitu pada konsentrasi Na_2PbCl_4 sebesar 10^{-5} M atau 2,07 ppm sehingga alat tersebut dapat digunakan untuk analisis renik (Angraini, 2007).

2.8. Limbah Cair Industri

Limbah cair atau air limbah adalah air yang tidak terpakai lagi, yang merupakan hasil dari berbagai kegiatan manusia sehari-hari. Air limbah berasal dari dua jenis sumber yaitu air limbah rumah tangga dan air limbah industri. Secara umum di dalam limbah rumah tangga tidak terkandung zat-zat berbahaya, sedangkan di dalam limbah industri harus dibedakan antara limbah yang mengandung zat-zat yang berbahaya dan yang tidak (Santi, 2004).

Limbah cair yang dihasilkan suatu industri harus memenuhi baku mutu agar tidak mencemari lingkungan. Baku mutu limbah cair ini mengacu pada KEP-51/MENLH/10/1995 untuk air limbah industri golongan I dan golongan II. Karakteristik dari kandungan air limbah industri ditunjukkan pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Baku mutu limbah cair untuk industri golongan I dan II (KLH, 1995):

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	
			Golongan I	Golongan II
1	Pb	mg/L	0,1	1
2	H ₂ S	mg/L	0,05	0,1
3	NO ₃	mg/L	20	30
4	NO ₂	mg/L	1	3
5	Br	mg/L	2	3



BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Biofisika Jurusan Fisika dan Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya pada bulan Februari 2008 sampai April 2008.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1. Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1 buah pisau, 2 buah ember ukuran sedang, kertas label, plastik kemasan ukuran kecil dan sedang, tissue, isolasi, kertas, alat penumbuk (mortar dan pestle), gelas kimia, pipet ukur, labu ukur, corong, kertas saring Whatman No. 1, botol sampel, statif (penjepit), oven, seperangkat alat pengaduk (magnetic stirer), seperangkat tungku pembakaran (tanur), potensiometer (pH meter), pemanas listrik, neraca analitik, ESI PbCl_4^{2-} tipe kawat terlapis, elektroda pembanding Ag/AgCl dan stopwatch.

3.2.2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah beberapa tanaman eceng gondok, logam $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, NaCl , larutan HCl 37% dan aquades.

3.3. Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu:

3.3.1 Tahap Persiapan Adsorben

Beberapa tanaman eceng gondok diambil dari habitat asli di daerah Punten, Batu. Tanaman eceng gondok dicuci dengan air kran kemudian dipotong kecil-kecil. Bagian daun, batang dan akar dipisahkan. Setelah itu, potongan-potongan eceng gondok tersebut dijemur di bawah sinar matahari selama 1 hari. Setelah kering, eceng

gondok dioven pada suhu 60°C selama 24 jam hingga benar-benar kering.

Selanjutnya, untuk proses pembuatan eceng gondok menjadi karbon aktif, eceng gondok diletakkan dalam sebuah wadah tertutup yang terbuat dari bahan tahan panas kemudian dimasukkan ke dalam tungku pembakaran pada suhu 500°C selama ± 1 jam. Pembakaran dengan menggunakan tungku bertujuan agar eceng gondok dapat berubah menjadi karbon aktif dan tidak berubah menjadi abu.

Pada tahap terakhir, eceng gondok yang sudah menjadi karbon aktif dihaluskan dengan cara ditumbuk dengan menggunakan mortar dan pestle. Karbon eceng gondok yang telah halus tersebut diayak dengan menggunakan ayakan 80-mesh. Karbon aktif yang dihasilkan tersebut berbentuk PAC dan siap digunakan sebagai bahan adsorben.

3.3.2 Tahap Persiapan Larutan Induk Na₂PbCl₄ 0,05 M

Pembuatan larutan induk Na₂PbCl₄ 0,05M dilakukan dengan penimbangan Pb(NO₃)₂ sebanyak 1,655 g, dilarutkan dalam akuades ± 10 mL dalam gelas kimia. Kemudian ditambah HCl 37% sebanyak 0,8 mL hingga terbentuk endapan. Selanjutnya endapan tersebut disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 1 dan dicuci dengan akuades sebanyak 3 kali untuk menghilangkan sisa HNO₃ dalam larutan. Kemudian endapan yang diperoleh ditambah dengan akuades 25 mL dan dipanaskan di atas pemanas listrik pada suhu 60°C sambil diaduk dengan pengaduk magnet. Selanjutnya larutan tersebut didinginkan pada suhu kamar, ditambah dengan 0,585 g NaCl dan diaduk hingga jernih (semua PbCl₂ yang ada larut). Larutan dipindahkan dalam labu takar 100 mL secara kuantitatif dan diencerkan sampai tanda batas.

Massa Pb(NO₃)₂ sebanyak 1,655 g diperoleh dari perhitungan molalitas dan berat molekul dari Pb(NO₃)₂. Perhitungan ini juga dilakukan untuk menghitung banyaknya HCl 37% dan NaCl yang ditambahkan. Metode pembuatan larutan induk Na₂PbCl₄ 0,05M ini sesuai dengan metode yang dilakukan Anggraini (2007) dalam pembuatan sampel limbah cair buatan yang digunakan dalam pengukuran untuk pembuatan ESI PbCl₄²⁻ tipe kawat terlapis.

3.3.3 Tahap Persiapan Sampel Limbah Cair Buatan (adsorbat)

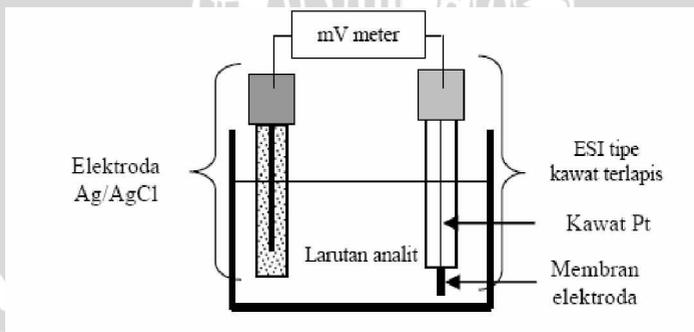
Variasi konsentrasi larutan PbCl_4^{2-} yang digunakan dalam pembuatan kurva baku yaitu 5×10^{-6} M, 5×10^{-5} M, 5×10^{-4} M, 5×10^{-3} M, dan 5×10^{-2} M. Masing-masing dipipet sebanyak 50 mL, kemudian dimasukkan ke dalam botol sampel. Selanjutnya disiapkan larutan PbCl_4^{2-} dengan konsentrasi 12,58 ppm, 17,83 ppm, 34,59 ppm, 124,76 ppm dan 1170,27 ppm. Masing-masing variasi konsentrasi larutan PbCl_4^{2-} siap dijadikan sampel limbah cair buatan. Variasi konsentrasi ini diperoleh dari pengenceran larutan induk Na_2PbCl_4 .

3.3.4 Tahap Pengukuran Adsorpsi Pb(II) oleh AEC

3.3.4.1 Penentuan Waktu Kesetimbangan Adsorpsi Pb(II) oleh

Karbon Aktif Eceng Gondok

Disiapkan 3 sampel limbah cair buatan dengan konsentrasi masing-masing 17,83 ppm, 124,76 ppm dan 1170,27 ppm sebanyak 50 mL. Setiap larutan ditambahkan adsorben sebanyak 25 mg. Kemudian diaduk dengan alat magnetic stirer hingga AEC mencapai titik jenuh (nilai potensial yang terukur konstan), tiap 1 menit diamati dan dicatat perubahan potensialnya (E). Nilai potensial yang terukur dikonversi ke dalam konsentrasi (dalam satuan molaritas) dengan perhitungan menggunakan kurva baku pengukuran. Masing-masing sampel dilakukan 3 kali ulangan. Rangkaian pengukuran adsorpsi Pb(II) oleh AEC dengan metode potensiometri ditunjukkan **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Rangkaian pengukuran metode potensiometri.

Penentuan waktu kesetimbangan adsorpsi logam Pb diukur berdasarkan *agitation time* yaitu pengukuran berdasarkan waktu secara kontinyu hingga dicapai nilai konstan. Elektroda yang digunakan dalam pengukuran menggunakan metode potensiometri ini yaitu Elektroda Selektif Ion PbCl_4^{2-} tipe kawat terlapis.

3.3.4.2 Penentuan Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Jumlah Teradsorpsi

Sepuluh sampel limbah cair buatan 12,58 ppm dan 34,59 ppm sebanyak 50 mL diatur massa adsorben masing-masing 10 mg, 20 mg, 30 mg, 40 mg dan 50 mg. Kemudian diaduk dengan magnetic stirer selama 10 menit, lalu diamati dan dicatat perubahan potensialnya (E). Nilai potensial dikonversi ke dalam konsentrasi (dalam satuan molaritas) dengan perhitungan menggunakan kurva baku. Masing-masing sampel dilakukan 3 kali ulangan.

3.4. Analisis Data

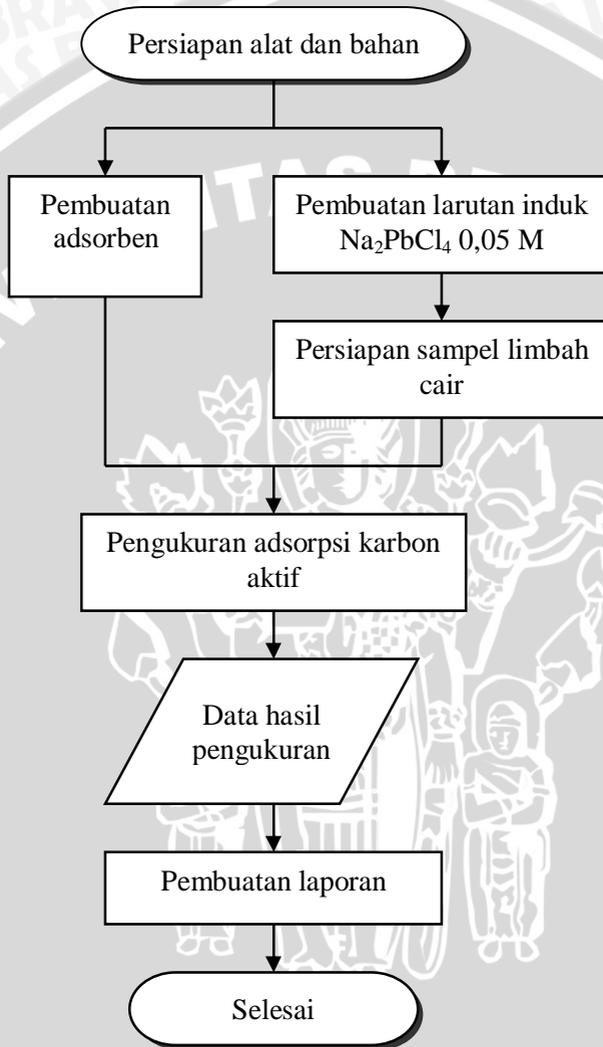
Data yang diperoleh merupakan data hasil pengukuran pengaruh konsentrasi logam PbCl_4^{2-} dan massa adsorben terhadap adsorpsi logam Pb(II) oleh AEC (Activated *Eichhornia* Carbon) dengan metode potensiometri menggunakan ESI PbCl_4^{2-} tipe kawat terlapis.

Data hasil yang terukur merupakan nilai beda potensial E (mV). Nilai beda potensial tersebut dikonversi kedalam besaran konsentrasi dengan menggunakan kurva baku pengukuran. Besarnya konsentrasi dalam besaran ppm dapat dihitung dengan rumusan:

$$\begin{aligned} \text{ppm} &= A \text{ mol/L} \times Mr \times 1000 \text{ mg/g} \\ &= A \text{ mol/L} \times B \text{ g/mol} \times 1000 \text{ mg/g} \\ &= AB \times 10^3 \text{ mg/L} = AB \times 10^3 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Dari data yang diperoleh dibuat grafik hubungan antara waktu dalam menit (sumbu x) dengan konsentrasi adsorbat dalam ppm (sumbu y). Grafik ini diharapkan mampu menunjukkan efektivitas karbon aktif dalam menyerap ion logam berat khususnya ion logam Pb dalam limbah cair buatan.

3.5. Diagram Alir Penelitian



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Karbon aktif yang digunakan dalam pengukuran yaitu jenis PAC (Powder Activated Carbon) dengan ukuran partikel kurang dari 1 mm. Karbon aktif jenis PAC mempunyai keunggulan yaitu pembuatan lebih mudah dan efisien, sedangkan kelemahannya kemungkinan sangat kecil untuk dipakai ulang. Karbon aktif dibuat melalui proses fisika, dengan cara material dipanaskan pada suhu $\pm 600^{\circ}\text{C}$ tanpa kontak dengan udara (atmosfer). Karbon aktif yang dihasilkan berwarna hitam kecoklatan, berupa butiran-butiran berbentuk serbuk. Jika dilihat menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 500x maka akan tampak seperti **Gambar 4.1**.



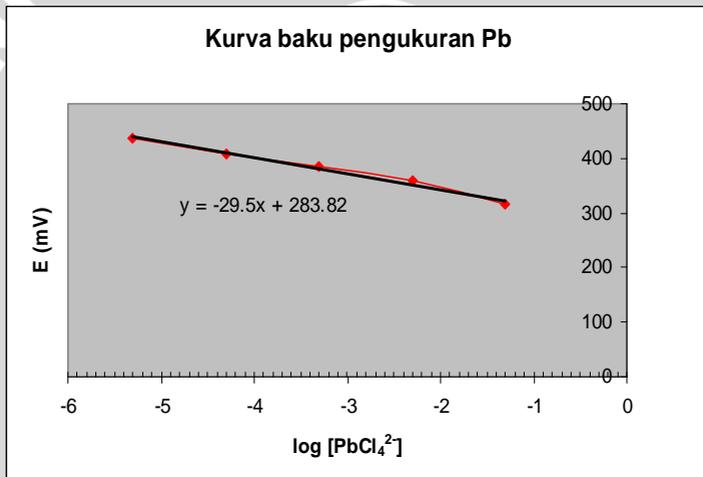
Gambar 4.1 Struktur permukaan AEC.

Karbon aktif merupakan suatu material organik yang mempunyai kandungan karbon dengan ukuran pori-pori dan luas permukaan atau “surface area” yang besar (Anonymous, 2008^b). Satu gram karbon aktif mempunyai luas permukaan 500-1500 m² dan sangat efektif menangkap partikel-partikel yang sangat halus berukuran 0,01-0,0000001 mm. Apabila dibiarkan di udara terbuka dalam waktu lebih dari 60 jam, karbon aktif akan menjadi jenuh dan tidak aktif (Anonymous, 2008^s).

Pengukuran penyerapan logam Pb(II) dilakukan dengan mengukur perubahan potensial antara larutan analit yang telah diberi karbon aktif dengan membran ESI PbCl₄²⁻. Perubahan potensial diukur berdasarkan *agitation time*. Dengan adanya perubahan potensial maka perubahan konsentrasi larutan analit dapat dihitung

dengan menggunakan kurva baku pengukuran. Hasil pengukuran Pb(II) dengan menggunakan ESI PbCl_4^{2-} tipe kawat terlapis ditunjukkan pada **Gambar 4.2** yang menunjukkan semakin besar konsentrasi PbCl_4^{2-} maka potensial yang terukur semakin kecil.

Dari **Gambar 4.2** dapat dilakukan perhitungan konversi potensial yang terukur menjadi besaran konsentrasi. Variasi konsentrasi larutan PbCl_4^{2-} yang digunakan dalam pembuatan kurva baku yaitu 5×10^{-6} M, 5×10^{-5} M, 5×10^{-4} M, 5×10^{-3} M, dan 5×10^{-2} M. Konsentrasi PbCl_4^{2-} sebesar 5×10^{-2} M atau sebanding dengan 10.350 ppm merupakan batas pengukuran dengan konsentrasi paling besar sedangkan konsentrasi paling kecil sebesar 5×10^{-6} M atau sebanding dengan 1,035 ppm.



Gambar 4.2 Grafik kurva baku pengukuran Pb(II).

Persamaan regresi yang didapat berdasarkan kurva baku tersebut yaitu $y = -29,5x + 283,82$. Nilai slop sebesar 29,5 mendekati harga faktor Nernst secara teoritis untuk ion divalen yaitu sebesar 29,56 mV/dekade konsentrasi yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$E = E_o - \frac{2.303RT}{nF} \log \frac{a_x^- \text{air}}{a_x^- \text{membran}} \quad (4.1)$$

dimana $R = 8.314510 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ dan $F = 9.6485309 \cdot 10^4 \text{ C mol}^{-1}$, sehingga

$$E = E_o - \frac{59,12}{n} \log [\text{PbCl}_4^{2-}] \quad (4.2)$$

karena ion PbCl_4^{2-} merupakan ion divalen ($n=2$) maka

$$E = E_o - 29,56 \log [\text{PbCl}_4^{2-}] \quad (4.3)$$

Nilai slop mendekati harga faktor Nernst dapat diartikan bahwa alat ESI yang digunakan mempunyai keakurasian tinggi.

Potensial yang terukur merupakan potensial relatif yang terjadi antar permukaan larutan analit dengan membran PbCl_4^{2-} pada ESI. Besarnya konsentrasi yang terukur dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $y = -29,5x + 292,7$ dari kurva baku pengukuran Pb.

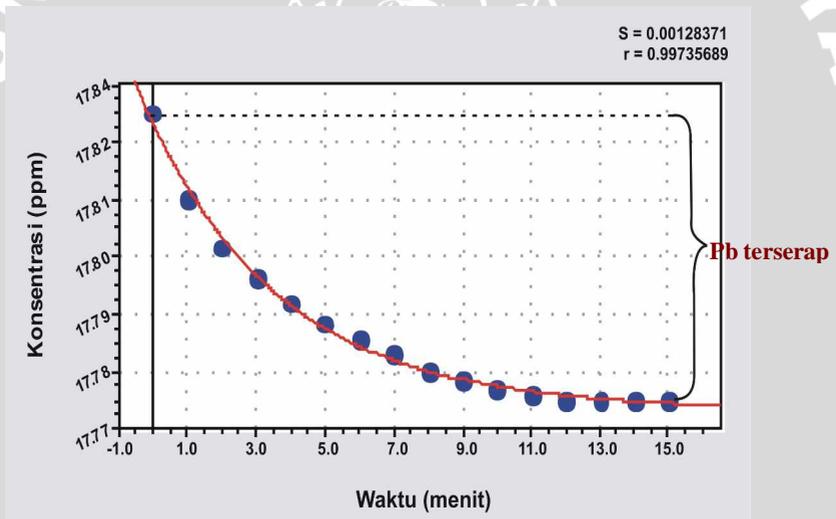
4.2. Pengaruh *Agitation Time* dan Konsentrasi PbCl_4^{2-} dalam Penyerapan Pb(II)

Hasil pengukuran pengaruh *agitation time* dan konsentrasi PbCl_4^{2-} dalam penyerapan Pb(II) oleh AEC digambarkan dengan grafik pada **Gambar 4.3** yang merupakan grafik hubungan antara waktu dengan konsentrasi PbCl_4^{2-} yang menunjukkan penyerapan ion Pb(II) oleh karbon aktif di dalam larutan limbah industri buatan. Penyerapan ion Pb(II) diukur berdasarkan perubahan potensial yang terjadi. Adanya perubahan potensial menunjukkan adanya perubahan konsentrasi dalam larutan.

Berdasarkan **Gambar 4.3** dapat diketahui bahwa karbon aktif mampu menyerap ion logam Pb dengan baik pada menit pertama hingga menit ke-11. Pada menit pertama, konsentrasi PbCl_4^{2-} yang terukur sebesar 17,813 ppm. Konsentrasi awal larutan sampel limbah industri buatan yang diukur yaitu sebesar 17,83 ppm dan massa adsorben yang diberikan sebanyak 25 mg. Pada menit ke-12 hingga menit ke-15, perubahan konsentrasi larutan mendekati konstan yaitu sebesar 17,77 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa karbon aktif tidak dapat mengadsorpsi ion-ion Pb(II) lagi.

Besarnya ion Pb yang terserap dapat dihitung berdasarkan banyaknya konsentrasi Pb yang terukur dari hasil pengukuran. Berdasarkan **Gambar 4.3** dapat diketahui bahwa pada menit pertama, jumlah ion Pb yang terserap sebesar 0,017 ppm. Secara

perlahan ion Pb dapat terserap dengan baik hingga menit ke-11 yaitu sebesar 0,055 ppm. Besarnya konsentrasi Pb yang terserap cukup kecil yaitu mencapai konstan sebesar 0,057 ppm hingga menit ke-15. Meskipun jumlah ion Pb yang terserap sangat kecil yaitu hanya sebesar 0,09% pada menit pertama dan menit ke-2 hanya sebesar 0,15%, namun perubahan konsentrasi yang terukur dapat menunjukkan bahwa karbon aktif dapat menyerap ion Pb dalam kurun waktu tertentu. Banyaknya ion Pb yang dapat diserap oleh AEC hingga mencapai konstan hanya sebesar 0,3%. Hal ini menunjukkan bahwa tidak semua ion Pb dapat terserap oleh molekul karbon aktif. Ukuran partikel ion Pb dan ukuran pori-pori karbon serta banyaknya molekul disekitar adsorben berpengaruh terhadap berlangsungnya proses adsorpsi.

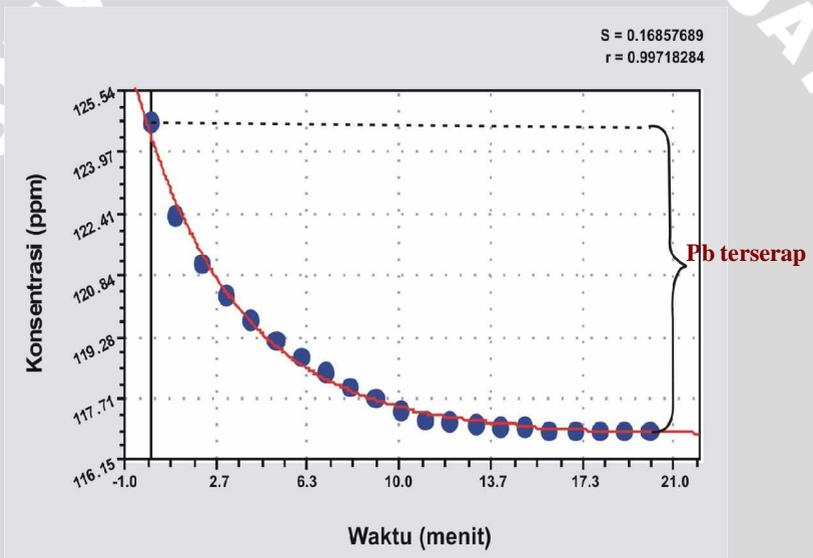


Gambar 4.3 Grafik Pb terukur untuk konsentrasi awal adsorbat 17, 83 ppm. Garis warna merah adalah fitting dari data.

Berdasarkan grafik distribusi penyerapan ion Pb seperti yang terlihat pada **Gambar 4.3** dapat diperoleh suatu persamaan Logistic Model: $y = a/(1+b*\exp(-cx))$ dengan nilai koefisien $a = 17,772$, $b = -0,003$ dan $c = 0,253$. Persamaan ini menunjukkan pola penyerapan ion Pb oleh AEC hingga mencapai nilai konstan.

Untuk melihat perilaku AEC dalam menyerap ion Pb maka dibuat larutan sampel limbah buatan dengan konsentrasi 124,76 ppm dan 1170,27 ppm sebagai pembanding. Jika dibandingkan dengan konsentrasi Pb yang lebih kecil maka pada konsentrasi yang lebih besar jumlah Pb yang terserap semakin banyak.

Dari **Gambar 4.4** dapat dilihat bahwa pada menit pertama, Pb yang terukur sebesar 122,38 ppm. Pb dapat terserap baik hingga menit ke-14, dengan jumlah Pb yang terukur sebesar 117,045 ppm. Jumlah Pb yang terserap lebih banyak dibandingkan dengan konsentrasi sampel sebesar 17,83 ppm, di mana massa adsorben yang diberikan sama yaitu sebanyak 25 mg.

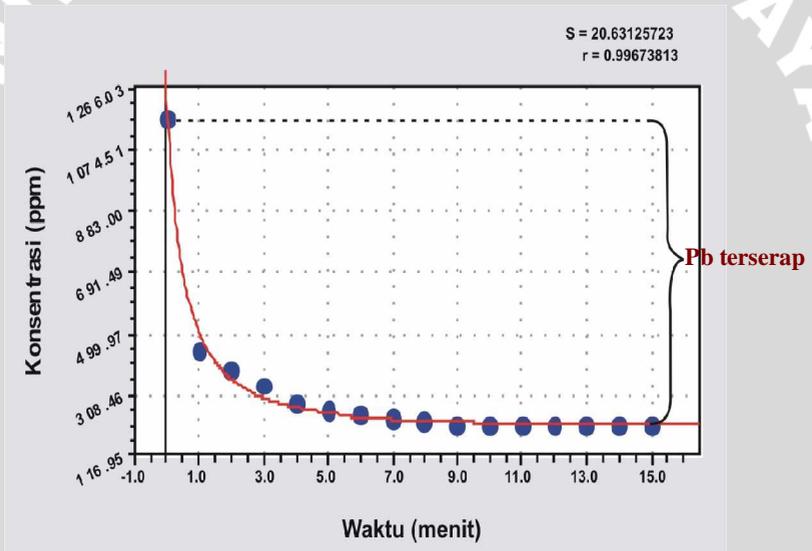


Gambar 4.4 Grafik Pb terukur untuk konsentrasi awal adsorbat 124,76 ppm. Garis warna merah adalah fitting dari data.

Banyaknya konsentrasi Pb yang terserap dapat dihitung berdasarkan banyaknya ion Pb yang terukur dalam larutan sampel. **Gambar 4.4** menunjukkan besarnya konsentrasi Pb terukur untuk konsentrasi awal adsorbat sebesar 124,76 ppm. Pada menit pertama, jumlah ion Pb yang terserap lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi sampel sebesar 17,83 ppm yaitu sebesar 2,38 ppm. Ion Pb dapat

terserap baik hingga menit ke-15 dan mencapai konstan pada menit ke-16 hingga menit ke-20 yaitu sebesar 7,82 ppm. Banyaknya ion Pb yang terserap pada menit pertama mencapai 2%, kemudian pada menit ke-2 sebesar 3% hingga mencapai konstan pada menit ke-20 sebesar 6%. Hal ini menunjukkan bahwa karbon aktif dapat menyerap ion Pb cukup baik. Banyaknya jumlah molekul $PbCl_4^{2-}$ di sekitar adsorben berpengaruh terhadap banyaknya ion Pb yang dapat diserap oleh karbon aktif.

Berdasarkan grafik distribusi penyerapan ion Pb pada **Gambar 4.4** juga diperoleh suatu persamaan Logistic Model: $y = a/(1+b*\exp(-cx))$ dengan nilai koefisien $a = 116,82$, $b = -0,06$ dan $c = 0,234$.



Gambar 4.5 Grafik Pb terukur untuk konsentrasi awal adsorbat 1170,27 ppm. Garis warna merah adalah fitting dari data.

Gambar 4.5 juga menunjukkan grafik hubungan antara antara *agitation time* dengan konsentrasi Pb terukur. Dimana konsentrasi $PbCl_4^{2-}$ yang digunakan sebagai sampel sebesar 1170,27 ppm. Konsentrasi Pb yang terkandung di dalam larutan cukup besar jika dibandingkan dengan konsentrasi sampel 17,83 ppm dan 124,76 ppm. Berdasarkan pengamatan terlihat bahwa semakin lama waktu

yang diberikan dan semakin besar konsentrasi larutan yang diukur maka semakin besar pula perubahan konsentrasinya atau semakin banyak jumlah ion Pb yang diserap oleh AEC. Dan pada waktu tertentu, proses penyerapan Pb akan mencapai konstan.

Pada konsentrasi PbCl_4^{2-} 1170,27 ppm menunjukkan bahwa perubahan pada menit pertama hingga ke-8 tidak begitu besar. Namun pada menit ke-nol hingga menit pertama, perubahan konsentrasi PbCl_4^{2-} yang terukur cukup besar yaitu sebesar 448,59 ppm. Penyerapan mencapai konstan pada menit ke-8 hingga menit ke-15. Hal ini menggambarkan bahwa ion-ion Pb yang terserap oleh AEC cukup banyak.

Banyaknya jumlah ion Pb yang terserap oleh AEC pada konsentrasi sampel sebesar 1170,27 ppm dapat dilihat berdasarkan **Gambar 4.5**. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa pada menit ke nol hingga menit pertama, jumlah ion Pb yang terserap cukup banyak yaitu sebesar 721,68 ppm.

Pada menit pertama hingga menit ke-8, proses penyerapan berjalan lambat. Banyaknya jumlah ion Pb yang terserap mencapai 945,92 ppm. Proses penyerapan pada menit ke-9 hingga menit ke-15 telah mencapai konstan yaitu sebesar 957,57 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa AEC telah jenuh oleh ion Pb dan tidak lagi terjadi proses penyerapan. Pada konsentrasi awal adsorbat sebesar 1170,27 ppm, ion-ion Pb yang terserap oleh AEC pada menit pertama cukup baik yaitu sebesar 60% dan pada menit ke-2 sebesar 67%. Ion Pb terserap sangat baik hingga menit ke-15 yaitu mencapai 80%. Hal ini terlihat bahwa karbon aktif dapat menyerap ion Pb dengan sangat baik pada konsentrasi adsorbat yang cukup besar.

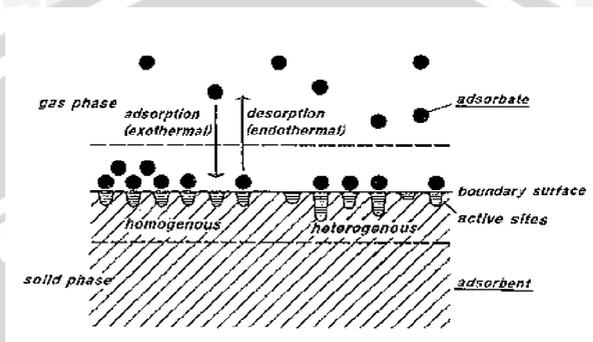
Persamaan Logistic Model dari grafik pengukuran Pb untuk konsentrasi awal 1170,27 ppm yaitu: $y = a/(1+b*\exp(-cx))$ dengan nilai koefisien $a = 217,69$, $b = -0,813$ dan $c = 0,369$.

Gambar 4.3, **Gambar 4.4**, dan **Gambar 4.5** menunjukkan banyaknya ion-ion Pb yang terukur dari ketiga konsentrasi awal adsorbat yang berbeda yaitu 17,83 ppm, 124,76 ppm dan 1170,27 ppm. Dari ketiga konsentrasi yang berbeda tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar konsentrasi awal adsorbat maka semakin banyak ion-ion Pb yang dapat diserap oleh karbon aktif. Hal ini menunjukkan bahwa banyaknya ion Pb yang dapat diserap oleh karbon aktif sangat dipengaruhi oleh konsentrasi adsorbat.

Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa karbon aktif efektif dalam menyerap logam berat khususnya logam Pb dengan konsentrasi yang cukup tinggi. Ukuran pori-pori karbon yang besar mampu menyerap ion-ion logam Pb dalam jumlah yang cukup banyak. Semakin besar konsentrasi larutan yang mengandung ion-ion Pb (adsorbat) maka semakin besar pula ion-ion Pb yang terserap oleh karbon aktif. Karbon aktif mempunyai keterbatasan waktu dalam menyerap ion-ion logam. Dalam batas waktu tertentu karbon aktif akan menjadi jenuh dan tidak dapat menyerap ion-ion logam kembali. Titik jenuh ini dicapai ketika besarnya konsentrasi Pb yang terukur mencapai nilai konstan dan kejenuhan dari karbon aktif dalam menyerap ion logam Pb dipengaruhi besarnya konsentrasi dari adsorbat.

Penyerapan ion-ion Pb oleh karbon aktif sangat dipengaruhi gaya tarik (gaya van der Waals) yang dihasilkan oleh interaksi molekul karbon aktif dengan molekul adsorbat ($PbCl_4^{2-}$). Ion $PbCl_4^{2-}$ merupakan molekul polar, dimana interaksinya dengan karbon aktif yang merupakan molekul nonpolar menyebabkan molekul karbon bersifat polar sehingga terbentuk dipol induksian pada molekul karbon akibat interaksi dari kedua molekul tersebut. Dari data hasil penelitian menunjukkan bahwa pada konsentrasi awal adsorbat yang rendah sebesar 17,83 ppm, banyaknya ion Pb yang terserap karbon aktif cukup kecil dibandingkan dengan konsentrasi awal adsorbat yang cukup tinggi sebesar 1170,27 ppm, dimana dengan pemberian massa adsorben dalam jumlah yang sama. Hal ini dipengaruhi oleh suatu gaya induksi yang dihasilkan oleh molekul adsorbat dan gaya tarik oleh molekul karbon aktif. Semakin banyak jumlah molekul adsorbat yang mengandung ion-ion Pb(II) maka semakin banyak pula jumlah dipol molekul adsorbat yang menginduksi molekul karbon aktif dan menyebabkan molekul karbon aktif semakin bersifat polar sehingga gaya tarik yang dihasilkan molekul karbon akan semakin besar untuk mengikat molekul adsorbat, khususnya ion-ion Pb dalam larutan. Maka untuk konsentrasi adsorbat yang rendah, tidak semua ion Pb terserap oleh karbon aktif. Hal ini disebabkan jumlah dipol yang lebih sedikit pada molekul adsorbat sehingga gaya induksi yang dihasilkan lebih kecil dan menyebabkan gaya tarik yang dihasilkan oleh molekul karbon cukup lemah karena sifat kepolarannya lebih rendah. Jika dibandingkan dengan konsentrasi adsorbat yang cukup tinggi, jumlah ion Pb yang terserap cukup

besar. Hal ini dikarenakan gaya tarik yang dimiliki molekul karbon jauh lebih besar untuk mengikat ion-ion Pb karena sifat kepolaran yang lebih tinggi akibat gaya induksi yang cukup besar oleh molekul adsorbat.

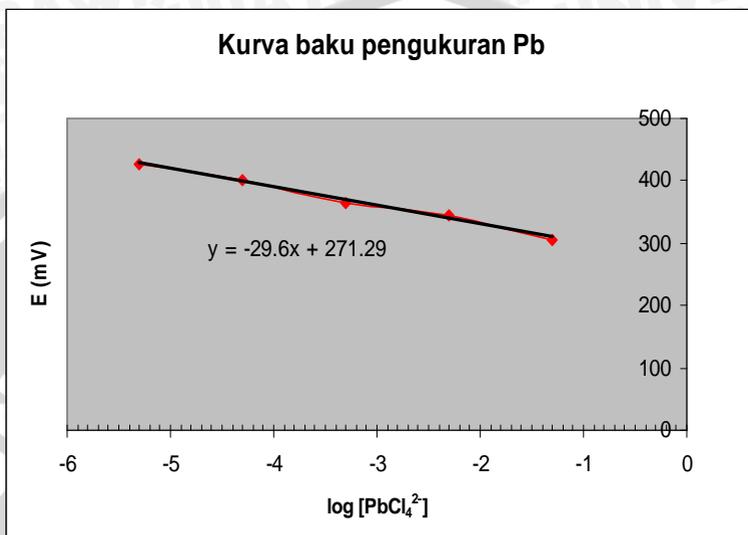


Gambar 4.6 Proses *adsorption* oleh karbon aktif.

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa pori-pori karbon aktif terisi oleh gas dan partikel kimia, pada saat tertentu pori-pori karbon akan menjadi jenuh oleh ion-ion dan tidak menutup kemungkinan akan dilepaskan kembali.

4.3. Pengaruh Massa Adsorben terhadap Penyerapan Ion Logam Pb(II)

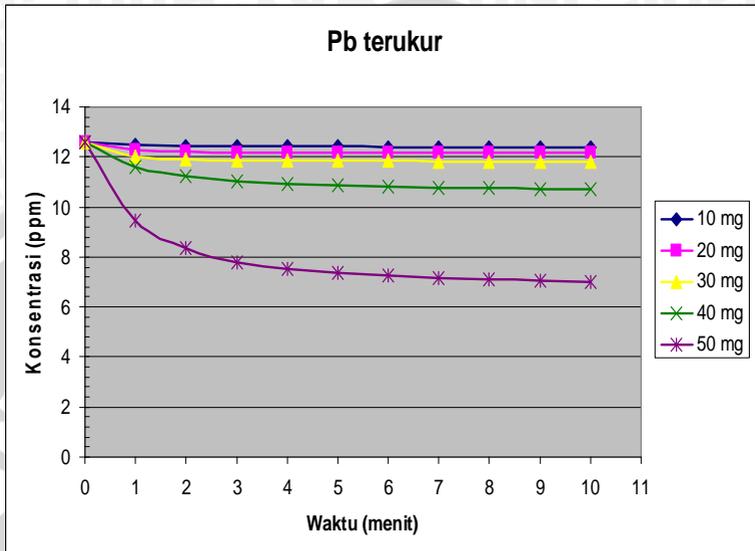
Pengukuran pengaruh massa adsorben terhadap penyerapan ion logam Pb(II) dilakukan dengan pemberian variasi dosis pada sampel limbah buatan. Variasi dosis yang digunakan sebanyak 10 mg, 20 mg, 30 mg, 40 mg dan 50 mg. Hasil pengukuran untuk kurva baku ditunjukkan pada **Gambar 4.7**. **Gambar 4.7** menunjukkan hasil yang berbeda jika dibandingkan dengan hasil pengukuran yang ditunjukkan pada **Gambar 4.2**. Pengukuran yang berbeda ini disebabkan karena potensial yang terukur adalah potensial relatif, sehingga pada setiap pengukuran hasil yang diperoleh adalah berubah-ubah. Nilai pengukuran yang berubah-ubah akan bernilai tetap jika dalam perhitungan dibuat kurva baku pengukuran terlebih dahulu. Dari **Gambar 4.7** dapat diketahui persamaan regresi yang diperoleh dari grafik kurva baku pengukuran yaitu $y = -29,6x + 271,29$. Dari persamaan tersebut dapat dilakukan perhitungan konsentrasi Pb yang terukur dalam sampel limbah cair buatan setelah diberikan perlakuan pemberian adsorben dengan massa tertentu.



Gambar 4.7 Grafik kurva baku pengukuran Pb(II).

Pengukuran dilakukan dengan membandingkan konsentrasi sampel limbah cair buatan yang berbeda yaitu 12,58 ppm dan 34,59 ppm. **Gambar 4.8** menunjukkan bahwa nilai konsentrasi Pb yang terukur pada sampel limbah cair buatan 12,58 ppm akan semakin kecil dengan pemberian massa adsorben yang semakin banyak. Hal ini terlihat jelas jika dibandingkan dengan pemberian massa adsorben sebanyak 10 mg, 20 mg, 30 mg dan 40 mg.

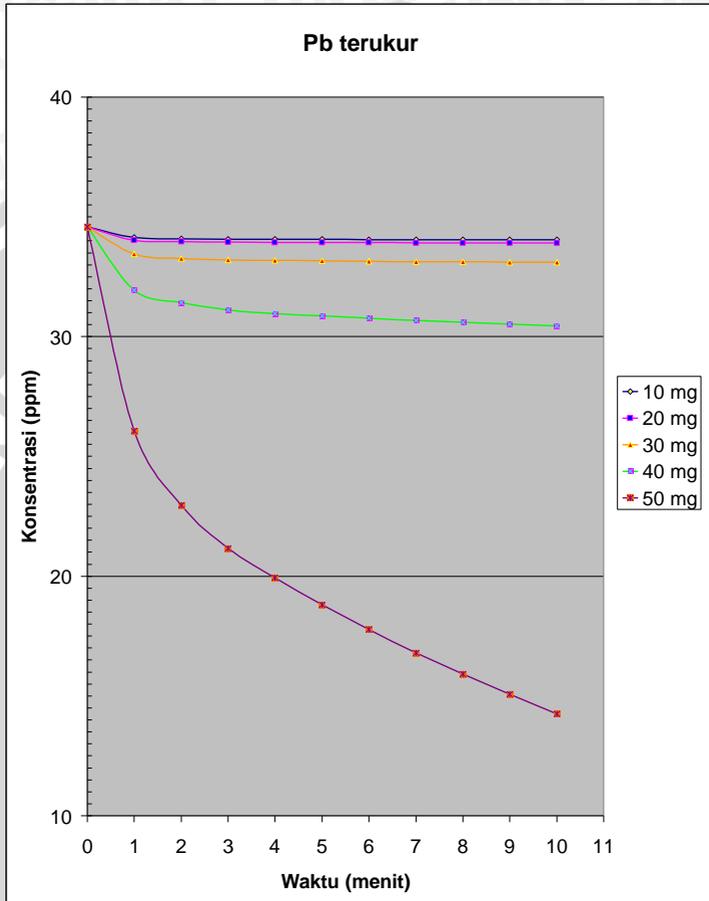
Distribusi banyaknya ion Pb yang terserap oleh karbon aktif dapat dilihat pada **Gambar 4.8**, di mana terlihat jelas bahwa jumlah ion Pb yang terserap cukup banyak pada pemberian adsorben sebanyak 50 mg. Pb yang terserap hingga mencapai 5,58 ppm pada menit ke-10. Pengamatan hanya dilakukan hingga menit ke-10 karena pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik karbon aktif dalam menyerap ion Pb ketika diberikan massa adsorben yang berbeda.



Gambar 4.8 Grafik pengaruh massa adsorben terhadap konsentrasi Pb untuk konsentrasi awal adsorbat 12,58 ppm.

Jika dibandingkan dengan konsentrasi sampel yang lebih kecil maka pada perlakuan sampel dengan konsentrasi sampel yang lebih besar yaitu 34,59 ppm dapat terlihat bahwa konsentrasi Pb yang terukur juga semakin besar seperti yang ditunjukkan **Gambar 4.9**. Pada pemberian massa adsorben sebanyak 50 mg, konsentrasi Pb yang terukur akan semakin kecil. Namun pada menit ke-10 belum menunjukkan konsentrasi yang terukur bernilai konstan. Hal ini menunjukkan bahwa karbon aktif mampu menyerap ion Pb dalam jumlah yang cukup banyak.

Berdasarkan **Gambar 4.9** dapat diketahui bahwa pada perlakuan konsentrasi sampel yang lebih besar maka banyaknya ion Pb yang terserap juga semakin besar. Pemberian massa adsorben sebanyak 50 mg dapat memperlihatkan banyaknya ion Pb yang terserap cukup banyak hingga mencapai 20,33 ppm. Pada pemberian massa 10 mg dan 20 mg, ion Pb yang terserap cukup kecil sehingga pada grafik terlihat bernilai konstan pada menit pertama hingga menit ke-10.



Gambar 4.9 Grafik pengaruh massa adsorben terhadap konsentrasi Pb untuk konsentrasi awal adsorbat 34,59 ppm.

4.4. Interaksi Adsorben dengan Adsorbat pada Proses Adsorpsi

Pada penelitian ini, proses adsorpsi terjadi karena adanya ikatan antara molekul-molekul karbon aktif dengan molekul $PbCl_4^{2-}$. Molekul-molekul tersebut tersusun atas atom-atom yang terikat dengan ikatan kovalen ataupun ikatan ionik. Ikatan ini merupakan gaya intramolekul (*intramolecular force*) yang mengikat atom-atom menjadi satu kesatuan membentuk suatu molekul. Satu molekul dengan molekul yang lain sejenis atau berbeda dapat mengadakan

interaksi atau tarik menarik. Gaya tarik-menarik antara molekul-molekul itu disebut dengan gaya antarmolekul atau gaya intermolekul (*intermolecular force*) dan disebut juga gaya van der Waals (Effendy, 2006).

Dalam kimia fisik, istilah van der Waals didefinisikan sebagai gaya tarik-menarik atau tolak-menolak diantara molekul yang berkaitan dengan ikatan kovalen dan interaksi elektrostatis antar ion satu dengan lainnya atau dengan molekul netral. Istilah ini meliputi (Anonymous, 2008^j):

- 1) Gaya dipol-dipol (gaya orientasi) .
- 2) Gaya dipol-dipol induksian (gaya induksi).
- 3) Gaya London (gaya dispersi).

Ketiga gaya tersebut mempunyai keterkaitan yang sangat erat. Beberapa peneliti menyebutkan bahwa gaya van der Waals merupakan gaya total (termasuk gaya tolak-menolak), definisi lain menyebutkan bahwa gaya van der Waals merupakan gabungan semua gaya tarik-menarik (disebut juga dengan istilah van der Waals-Keesom, van der Waals-Debye, dan van der Waals-London), dan akhirnya istilah van der Waals lebih sering disebut dengan gaya London (Anonymous, 2008^j).

Gaya tarik menarik (*attractive force*) mempunyai 3 kontribusi utama, yaitu (Anonymous, 2008^j):

1. Interaksi elektrostatis, terjadi diantara muatan (ion-ion molekul), dipol, dan dipol permanen. Interaksi elektrostatis disebut juga gaya Keesom yang dikemukakan oleh Willem Hendrik Keesom.
2. Gaya induksi (disebut juga polarisasi), dimana interaksi terjadi diantara molekul dipol permanen dengan molekul induksian. Interaksi ini disebut juga gaya Debye. Pada tahun 1920, Peter J. W. Debye mengemukakan gaya induksi yang timbul karena adanya dipol yang disebabkan oleh ion positif dan ion negatif terhadap molekul netral.
3. Gaya dispersi yang dikemukakan oleh Firtz London, merupakan gaya antar atom-atom, antar molekul-molekul yang polar ataupun yang nonpolar.

Ketiga kontribusi tersebut mempunyai peranan yang penting dalam kaitannya dengan interaksi adsorpsi ion-ion Pb oleh karbon aktif.

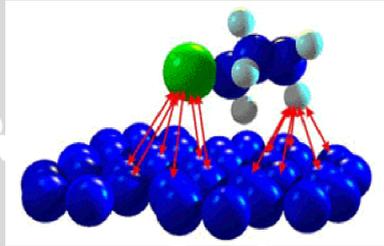
Karbon aktif tersusun dari kristal molekular atom karbon yang berbentuk heksagonal, terikat dengan ikatan kovalen. Lapisan heksagonal ini terikat dengan lapisan lain dengan ikatan van der Waals (Sukardjo, 1985). Secara alami, karbon aktif mempunyai struktur pori-pori yang besar sehingga memiliki surface area yang besar pula untuk mengikat molekul adsorbat. Karbon aktif merupakan molekul nonpolar yang secara fisis dicirikan tidak dapat larut dalam fase cair.

Sifat unik dari karbon aktif ditunjukkan dengan kemampuannya dapat mengikat ion logam berat khususnya ion yang berikatan dengan senyawa asam (seperti senyawa $PbCl_4^{2-}$). Karbon aktif tidak mengikat baik senyawa kimia seperti alkohol, glycols, amonia, asam kuat dan basa kuat, dan bahan anorganik seperti lithium, sodium, besi, arsenik, flourin dan asam borik. Karbon aktif dapat menyerap dengan baik material organik seperti minyak, radioaktif, hidrokarbon, dan beberapa senyawa halogen seperti klorin, fluorin, bromin dan iodin. Material organik tersebut dapat mengikat beberapa material anorganik seperti arsenik, kadmium, kromium, seng, timbal, merkuri dan tembaga.

Diantara beberapa ion logam berat, Pb^{2+} merupakan ion yang mempunyai kandungan racun yang tinggi dan sifatnya dapat bertahan dalam larutan limbah karena mempunyai kemampuan untuk membentuk senyawa kompleks dengan material organik. Keberadaan logam Pb dalam air limbah berupa ion Pb^{2+} yang mampu bersenyawa dengan sisa-sisa asam seperti asam klorida, yang berada bersama-sama dalam beberapa air limbah industri tekstil dan pupuk membentuk ikatan ionik $PbCl_4^{2-}$. Ion Cl^- mempunyai keelektronegatifan lebih besar daripada Pb sehingga elektron di dalam ikatan $Cl-Pb$ ditarik menuju Cl. Ikatan tersebut menghasilkan sedikit muatan positif pada Pb dan sedikit muatan negatif pada Cl. Ion Pb^{2+} dapat berinteraksi dengan molekul-molekul karbon karena adanya proses adsorpsi oleh suatu gaya tarik yang ditimbulkan oleh gerakan elektron di dalam molekul-molekul karbon dan interaksi dengan molekul disekitarnya.

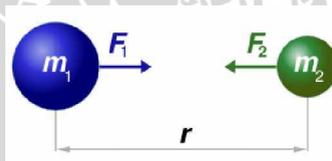
Proses penyerapan ion Pb oleh karbon aktif merupakan suatu peristiwa menempelnya partikel Pb pada permukaan karbon karena adanya gaya tarik-menarik (*attractive forces*) semua molekul, khususnya oleh molekul pada permukaan dinding pori-pori karbon. Pada luas permukaan (*surface area*) yang besar maka gaya tarik yang

dimiliki karbon akan semakin besar untuk mengikat molekul lain (adsorbat). Adsorbat dapat diikat oleh molekul karbon karena adanya gaya tarik permukaan yang besar, dimana gaya yang terjadi ini sama seperti gaya gravitasi (*gravitational force*) (Deithorn dan Anthony, 2007).



Gambar 4.10 Interaksi antarmolekul (gaya van der Waals).

Gravitasi merupakan fenomena alam di mana semua obyek massa saling tarik-menarik antara satu dengan yang lainnya. Adanya tarik-menarik antara pusat massa satu dengan pusat massa yang lainnya inilah yang disebabkan oleh suatu gaya yaitu gaya gravitasi, di mana gaya ini sebanding dengan massa dan berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya yang dapat dijelaskan dengan hukum Newton dengan persamaan (Anonymous, 2008¹):



$$\mathbf{F}_{12} = G \frac{m_1 \times m_2}{|\hat{r}_{12}|^2} \cdot \hat{r}_{12} \quad (4.4)$$

$$\mathbf{F}_{21} = -\mathbf{F}_{12} \quad (4.5)$$

dimana,

\mathbf{F} = gaya gravitasi diantara dua pusat massa (Newton)

G = konstanta gravitasi ($6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$)

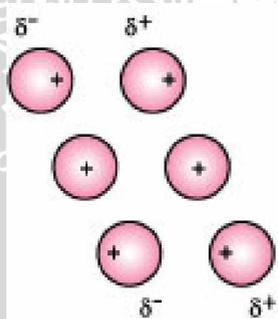
m_1 = massa dari pusat massa pertama (kg)

m_2 = massa dari pusat massa kedua (kg)

r = jarak antara kedua pusat massa (meter)

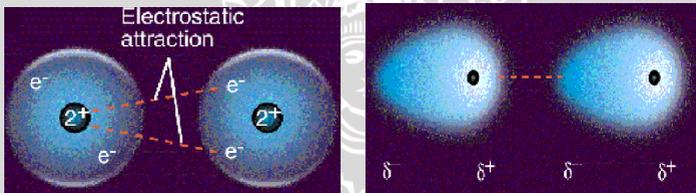
Suatu jenis gaya van der Waals yang menyebabkan terjadinya proses adsorpsi yaitu gaya dispersi London. Gaya dispersi London atau disebut juga gaya London terjadi diantara molekul pada jarak yang sangat pendek dan sensitive terhadap jarak antara permukaan karbon dengan molekul adsorbat. Gaya ini dapat digambarkan seperti gaya gravitasi yang terjadi diantara planet-planet. Semakin pendek jarak antara permukaan molekul adsorben dengan molekul adsorbat maka semakin besar gaya tarik yang muncul diantara permukaan sehingga semakin besar peluang molekul adsorbat akan terikat pada permukaan karbon. Molekul adsorbat dapat terikat pada permukaan karbon karena gaya tarik yang lebih besar pada permukaan karbon dibandingkan gaya tarik molekul adsorbat. Karbon mempunyai struktur pori-pori dan luas permukaan yang besar sehingga gaya tarik yang dihasilkan jauh lebih besar dibandingkan molekul lain (Anonymous, 2008^h).

Seorang ahli fisika dari Jerman Fritz London, tahun 1930 menguraikan terjadinya tarikan yang lemah antar elektron disebabkan oleh dipol sesaat. Gaya London merupakan gaya antarmolekul lemah yang muncul karena gaya tarik diantara molekul dipol dengan molekul tanpa dipol. Terjadinya tarikan antar elektron satu molekul dengan inti molekul yang lain akibat menggesernya posisi atau getaran (vibrasi) elektron dan inti-inti tersebut. Suatu getaran dalam sebuah molekul mengimbas (menginduksi) suatu geseran elektron-elektron suatu molekul yang berada didekatnya seperti ditunjukkan **Gambar 4.11** (Anonymous, 2008ⁱ).



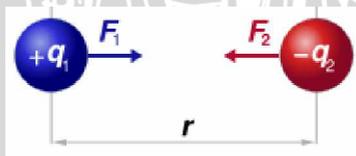
Gambar 4.11 Diagram getaran elektron terhadap inti dalam dua atom.

Gaya tarikan yang terjadi antara permukaan molekul karbon aktif dengan molekul adsorbat dapat dijelaskan dengan munculnya gaya interaksi di antara molekul-molekul monoatomik yaitu karena elektron selalu dalam keadaan bergerak maka pada suatu saat yang sangat singkat dapat terjadi polarisasi rapatan elektron. Hal ini menyebabkan pusat muatan positif dan pusat muatan negatif memisah dan molekul dikatakan memiliki dipol sesaat. Apabila di dekatnya ada molekul nonpolar sejenis atau berbeda, maka molekul dengan dipol sesaat ini akan menginduksi molekul tersebut sehingga terjadi dipol induksian (*induced dipole*). Setelah pada dua molekul tersebut terbentuk dipol sesaat dan dipol induksian, maka antara keduanya terjadi gaya tarik elektrostatis di mana gaya ini menyebabkan suatu gaya tarik (gaya London) pada permukaan karbon.



Gambar 4.12 Terjadinya gaya elektrostatis antarmolekul.

Gaya tarik yang terjadi diantara permukaan karbon aktif dan molekul adsorbat ini mempunyai perilaku sama seperti gaya gravitasi diantara planet-planet yang dipengaruhi juga oleh gaya tarik elektrostatis karena adanya beda muatan diantara kedua molekul tersebut. Gaya elektrostatis ini dapat dijelaskan dengan hukum Coulomb dengan persamaan berikut:



$$\mathbf{F}_{12} = k_c \frac{q_1 \times q_2}{|\mathbf{r}_{12}|^2} \cdot \hat{\mathbf{r}}_{12} \quad (4.6)$$

$$\mathbf{F}_{21} = -\mathbf{F}_{12} \quad (4.7)$$

dimana,

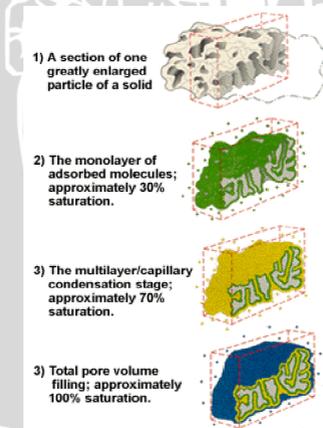
F = gaya elektrostatik (Newton)

k_c = konstanta Coulumb ($8,987 \times 10^9 \approx 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$)

r = jarak antara q_1 dan q_2 (meter)

Bila beberapa molekul berkumpul bersama-sama (seperti dalam fase cair) maka geseran-geseran elektron terjadi secara bersamaan, sehingga terdapat suatu tarikan total antara banyak molekul yang bersebelahan. Gaya London ini yang menyebabkan adanya tarikan antara molekul-molekul senyawa nonpolar ataupun dengan molekul polar.

Gaya London merupakan gaya yang lemah. Energi gaya tersebut 1 sampai 10 kJ/mol (Effendy, 2006). Meskipun energinya lemah dibandingkan dengan gaya yang lain (seperti gaya dipol-dipol dengan energi 3-4 kJ/mol), gaya London menghasilkan gaya adsorpsi fisik yang kuat untuk mengikat molekul lain. Gaya total yang dihasilkan molekul karbon menyebabkan molekul PbCl_4^{2-} terikat pada permukaan pori-pori karbon. Pada permukaan pori-pori yang besar akan lebih banyak peluang ion Pb terkumpul. **Gambar 4.13** menunjukkan tahap terisinya pori-pori karbon aktif oleh ion-ion Pb. Tahap pertama, partikel karbon aktif dalam keadaan belum terisi oleh molekul-molekul adsorbat. Selanjutnya tahap kedua, setelah diberikan adsorbat maka pori-pori partikel karbon aktif akan terisi molekul-molekul adsorbat membentuk suatu lapisan hingga mencapai 30%.



Gambar 4.13 Proses terisinya pori-pori karbon aktif.

Secara bertahap proses adsorpsi terus berlangsung hingga terbentuk lapisan-lapisan (*multilayer*) molekul adsorbat pada permukaan partikel karbon aktif mencapai 70%. Pada saat tertentu pori-pori partikel karbon aktif akan jenuh terisi oleh ion-ion adsorbat dan tidak terjadi lagi interaksi antara molekul-molekul karbon dengan molekul-molekul adsorbat.

Gaya London bersifat *additive*, artinya gaya adsorpsi yang terjadi merupakan jumlah semua interaksi diantara semua atom-atom. Sifat *additive* dari gaya yang dihasilkan dalam karbon aktif menghasilkan gaya adsorpsi fisik yang sangat kuat dibandingkan material lain (Anonymous, 2008^h). Dalam penelitian ini gaya adsorpsi fisik yang dihasilkan karbon aktif cukup terlihat dengan adanya perubahan konsentrasi adsorbat yang terukur. Perubahan ini menunjukkan bahwa terjadi interaksi antara molekul-molekul adsorbat dengan molekul-molekul adsorben.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penyerapan ion logam Pb(II) oleh karbon aktif dipengaruhi oleh konsentrasi adsorbat dan massa adsorben. Semakin banyak konsentrasi adsorbat maka semakin besar konsentrasi Pb(II) yang terserap oleh AEC. Pada konsentrasi awal adsorbat sebesar 1170,27 ppm, konsentrasi Pb(II) yang terserap cukup besar yaitu 957,556 ppm. Konsentrasi penyerapan terbesar terjadi pada menit pertama yaitu mencapai 60% dan mencapai konstan hingga 80%. Untuk konsentrasi awal adsorbat sebesar 124,76 ppm, konsentrasi Pb(II) yang terserap yaitu 7,824 ppm dengan persen penyerapan pada menit pertama mencapai 2% dan mencapai konstan hingga 6,27%. Pada konsentrasi awal adsorbat sebesar 17,83 ppm, besarnya konsentrasi Pb(II) yang terserap sangat kecil yaitu sebesar 0,057 ppm dengan persen penyerapan pada menit pertama hanya 0,09% hingga mencapai konstan sebesar 0,3%.

Banyaknya jumlah karbon aktif (adsorben) yang diberikan dalam limbah cair buatan berpengaruh terhadap banyaknya konsentrasi ion Pb(II) yang terserap. Semakin banyak massa adsorben yang diberikan maka semakin banyak ion logam Pb(II) yang diserap oleh AEC. Namun AEC tidak efektif mengurangi limbah untuk konsentrasi yang rendah.

5.2. Saran

Dari seluruh rangkaian penelitian ini, dapat diberikan saran yaitu sebaiknya dilakukan pengukuran dengan variasi konsentrasi adsorbat dan adsorben yang lebih banyak agar pola penyerapan lebih terlihat dengan jelas. Selain itu, pengukuran dilakukan dengan memberikan perlakuan pada konsentrasi adsorbat yang paling besar secara bertahap hingga diperoleh konsentrasi adsorbat terkecil untuk melihat karakteristik penyerapan dari karbon aktif. Dan sebaiknya digunakan alat pengukuran dengan akurasi yang lebih baik agar potensial yang terukur tidak berubah-ubah.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 2008^a. <http://id.wikipedia.org/wiki/Pencemaran>. Diakses 06 Januari 2008.
- Anonymous, 2008^b. http://en.wikipedia.org/wiki/Activated_carbon. Diakses 27 Januari 2008.
- Anonymous, 2008^c. http://doultonusa.com/HTML%20pages/activated_carbon_water_filtration.htm. Diakses 30 Januari 2008.
- Anonymous, 2008^d. http://en.wikipedia.org/wiki/Van_der_Waals_force. Diakses 31 Maret 2008.
- Anonymous, 2008^e. http://www.columbia.edu/cu/biology/courses/c2005/lectures/lec2_07.html. Diakses 04 Februari 2008.
- Anonymous, 2008^f. www.wikipedia.org/wiki/ion_selective_electrode. Diakses 04 Februari 2008.
- Anonymous, 2008^g. http://www.o-fish.com/Filter/filter_kimia.php. Diakses 15 Juni 2008.
- Anonymous, 2008^h. <http://www.chemvironcarbon.com/en/carbon/adsorption>. Diakses 03 Juni 2008.
- Anonymous, 2008ⁱ. http://www.edukasi.net/mol/mo_full.php?moid=71&fname=kb2_1.htm. Diakses 15 Juli 2008.
- Anonymous, 2008^j. http://en.wikipedia.org/wiki/Van_der_Waals_force. Diakses 29 Mei 2008.

Anonymous, 2008^k.
[http://en.wikipedia.org/wiki/Van der Waals force](http://en.wikipedia.org/wiki/Van_der_Waals_force). Diakses
29 Mei 2008.

Anonymous, 2008^l.
[http://en.wikipedia.org/wiki/Newton's law of universal gra
vitation](http://en.wikipedia.org/wiki/Newton's_law_of_universal_gravitation). Diakses 20 Juli 2008.

Anggraini, E. 2007. *Pembuatan Dan Karakterisasi Elektroda Selektif
Ion $PbCl_2$ Tipe Kawat Terlapis Untuk Mendeteksi Pb Dalam
Air Limbah*. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang. Hal:
30, 35.

AWWA. 1971. *Handbook of Public Water Supplies*. McGraw Hill, p.
439.

Buchari. 1990. *Analisis Instrumentasi Bag. 1 :Tinjauan Umum dan
Analisis Elektrometri*. Jurusan Kimia FMIPA ITB. Bandung
Hal 40-45.

Brian, M. 1997. *Ion Selective Electrodes: Measurement
Considerations*. [http://elchem.kaist.ac.kr/vt/chem-
ed/echem/ise.htm](http://elchem.kaist.ac.kr/vt/chem-ed/echem/ise.htm). Diakses 20 April 2008.

Cheek, G., C. P. Wales, dan R. J. Nowak. 1983. *pH Response of
Platinume and Viterous Carbon Electrodes Modified by
Electropolymerized Films*. Analytical Chemistry. **55**: 380.

Clark, Robert M. 1989. *Granular Activated Carbon: Design,
Operation, and Cost*. Lewis Publishers, p. 2, 7, 35, 47-49,
205, 206.

Deithorn, R. T dan Anthony F. M. 2007. *Activated Carbon: What is
It, How Does It Work?*. [http://www.tigg.com/ACTIVATED-
CARBON/activated-carbon.html](http://www.tigg.com/ACTIVATED-CARBON/activated-carbon.html). Diakses 02 Mei 2008.

Effendi. 2006. *Teori VSEPR, Kepolaran, dan Gaya Antarmolekul*.
Edisi 2. Bayumedia. Malang.

- Hoehn, Dr. Robert C. 1996. *Class Notes: CE4104 Water and Wastewater Design*. Virginia Tech. <http://www.cee.vt.edu/ewr/environmental/teach/wtprimer/carbon/sketcarb.html>. Diakses 27 Januari 2008.
- Huang, C. P dan Blankeship D. W. 1984. *The Removal of Hg(II) from Dilute Aqueous Solution Activated Carbon*. Water Research **18(1)**: 37-46.
- IUPAC. 2006. *General Terms Relevant to Ion-Selective Electrode, IUPAC Compendium of Chemical Technology*. http://www.iupac.org/publications/analytical_compendium/Cha08sec321.pdf. Diakses 03 Mei 2008
- KLH. 1995. *Salinan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup mengenai Baku Mutu Limbah Industri*. Departemen Lingkungan Hidup .
- Kvech, S dan E. Tull. 1998. *Activated Carbon*. CE 4124: Environmental Information Management Civil Engineering Dept., Virginia Tech. <http://www.cee.vt.edu/ewr/environmental/teach/wtprimer/carbon/sketcarb.html>. Diakses 27 Februari 2008.
- Lakshminarayanaiah, N., 1976. *Membranes Electrodes*. Academic Press, London. pp 62 – 64, 98 – 99, 160, 223 – 225, 237.
- Lee, M. 1999. *Van der Waals Forces*. http://ithacasciencezone.com/chemzone/lessons/03bonding/mleebonding/van_der_waals_forces.htm. Diakses 31 Maret 2008.
- Moenandir, J. 1984. *Pengantar Ilmu dan Pengendalian Gulma*. Edisi Pertama: Rajawali Press.
- Nordberg J. F., Parizek J., Pershagen G., dan Gerhardsson L. 1986. *Factor Influencing Effect and Dose-Response Relationships of Metals*. In: Freiberg L., Nordberg G.F., and Vouk V.B (Eds). Handbook on the Toxicology of Metals. Elsevier. New York.

- Oscik, J. 1982. *Adsorption*. Ellis Horwood Limited. New York. Pp. 2-3, 198.
- Othmer- Kirk. 1979^a. *Encyclopedia of Chemical Technology*. 3rd edition. Volume 6. USA. Pp. 190-214.
- Othmer- Kirk. 1979^b. *Encyclopedia of Chemical Technology*. 3rd edition. Volume 14. USA. Pp. 98-122.
- Parker, S. P. 1984. *Encyclopedia of Science and Technology*. Mc. Graw-Hill Book Company. New York. p. 24.
- Prayoga, C. C.1981. *Ilmu Kimia Fisik II*. Proyek Pengembangan Perguruan Tinggi. Universitas Brawijaya. Malang. Hal. 15-18.
- Reynolds, Tom D. dan Richards, Paul A. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd ed*. PWS Publishing Co, p. 25, 350, 749.
- Santi, Devi N. 2004. *Pengelolaan Limbah Cair Pada Industri Penyamakan Kulit Industri Pulp Dan Kertas Industri Kelapa Sawit*. Bagian Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara. URL: www.library.usu.ac.id. Diakses 04 Desember 2007.
- Sawyer, C. N dan Mc Carty, P. L. 1987. *Chemistry of Engineering*. 3rd edition. Mc. Graw-Hill Book Company. New York. p. 89.
- Schwietzer, P.A. 1976. *Separation Techniques for Chemical Engineering*. 2nd edition. Mc. Graw-Hill Book Company. New York. Pp1-446, 1-448, 1-469.
- Shekinah, P., et al. 2002. *Adsorption of lead(II) from aqueous solution by activated carbon prepared from Eichhornia*. Journal of Chemical Technology and Biotechnology. **77**: 458-464

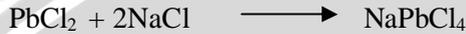
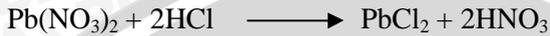
- Suarna, E. 1990. *Pemanfaatan Eceng Gondok Menjadi Biogas (Methan)*. Majalah BPPT. 39: 85-89.
- Sukardjo. 1985. *Ikatan Kimia*. Rineka Cipta. Yogyakarta. Hal:162.
- Tan, H., Kim. 1991. *Dasar-dasar Kimia Tanah*. Diterjemahkan Didiek Hadjar Goenadi. Disuting Borstang Radjagukguk. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta. Hal. 166-167.
- Tissue, Brian M. 1997. *Ion-Selective Electrodes*. <http://elchem.kaist.ac.kr/vt/chem-ed/echem/ise.htm>. Diakses 04 Desember 2007.
- Tjiptosoepomo, G. 1996. *Taksonomi Tumbuhan (Spermatophyta)*. Edisi V. Gajah Mada Universitas Press. Yogyakarta. p. 410-411.
- Vouk V. 1986. *General Chemistry of Metals*. In: Freiberg L., Nordberg G.F., and Vouk V.B (Eds). *Handbook on the Toxicology of Metals*. Elsevier. New York.
- Weber, Jr. W. J. 1977. *Physicochemical Process for Wter Quality Control*. John Willey and Sons. New York. pp. 199, 229-296.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LAMPIRAN 1. PERHITUNGAN PEMBUATAN LARUTAN

1.1 Pembuatan 100 mL larutan Na_2PbCl_4 5×10^{-2} M



- ✓ $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ yang diperlukan:

$$\begin{aligned} \text{mol Pb}(\text{NO}_3)_2 &= M \times V \\ &= 5 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \times 0,1 \text{ L} \\ &= 5 \times 10^{-3} \text{ mol} \\ \text{massa Pb}(\text{NO}_3)_2 &= \text{mol} \times Mr \\ &= 5 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 331 \text{ g/mol} \\ &= 1,655 \text{ gram} \end{aligned}$$

Jadi berat $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ yang ditimbang sebesar 1,655 gram.

- ✓ HCl 37 % (b/b) ($\rho = 1,19$ g/mL) yang ditambahkan:

$$\begin{aligned} \text{mol HCl} &= 2 \times 5 \times 10^{-3} \text{ mol} = 0,01 \text{ mol} \\ \text{massa HCl} &= \text{mol} \times Mr \\ &= 0,01 \text{ mol} \times 36,5 \text{ g/mol} = 0,365 \text{ gr} \\ \text{volume HCl} &= \frac{m}{\rho} = \frac{0,365 \text{ g}}{1,19 \text{ g/mL}} = 0,307 \text{ mL} \end{aligned}$$

untuk HCl 37 % (b/b), maka volume yang ditambahkan:

$$\text{volume HCl} = 0,307 \text{ mL} \times \frac{100}{37} = 0,83 \text{ mL}$$

jadi volume HCl yang dipipet sebanyak 0,8 mL.

- ✓ NaCl yang ditambahkan:

$$\begin{aligned} \text{mol NaCl} &= 2 \times 10^{-3} \text{ mol} = 0,01 \text{ mol} \\ \text{massa NaCl} &= \text{mol} \times Mr \\ &= 0,01 \text{ mol} \times 58,5 \text{ g/mol} = 0,585 \text{ gr} \end{aligned}$$

Jadi berat yang ditimbang sebesar 0,585 gram.

1.2 Contoh perhitungan pembuatan larutan Na_2PbCl_4 5×10^{-3} M hingga 5×10^{-5} M dari 0,05 M

✓ Pembuatan 100 mL larutan Na_2PbCl_4 5×10^{-3} M

$$\begin{aligned}V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\V_1 \times 0,05 \text{ M} &= 100 \text{ mL} \times 5 \times 10^{-3} \text{ M} \\V_1 &= 10 \text{ mL}\end{aligned}$$

Jadi volume larutan Na_2PbCl_4 0,05 M yang dibutuhkan untuk pembuatan 100 mL larutan Na_2PbCl_4 5×10^{-3} M sebanyak 10 mL.

1.3 Contoh perhitungan konversi ppm Pb dalam larutan Na_2PbCl_4 0,05 M

$$\begin{aligned}\text{ppm Pb} &= 0,05 \text{ mol/L} \times M_r \text{ Pb} \times 1000 \text{ mg/g} \\&= 0,05 \text{ mol/L} \times 207 \text{ g/mol} \times 1000 \text{ mg/g} \\&= 10350 \text{ mg/L} = 10350 \text{ ppm}\end{aligned}$$

Jadi larutan Na_2PbCl_4 0,05 M mengandung 10350 ppm Pb.



LAMPIRAN 2. PEMBUATAN LARUTAN

2.1 Larutan Na_2PbCl_4 5×10^{-3} M dari larutan Na_2PbCl_4 0,05 M

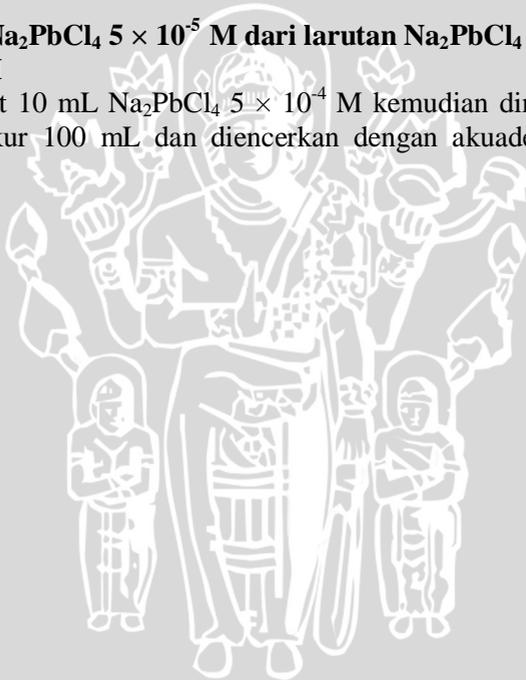
Dipipet 10 mL Na_2PbCl_4 0,05 M kemudian dimasukkan dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan akuades hingga tanda batas.

2.2 Larutan Na_2PbCl_4 5×10^{-4} M dari larutan Na_2PbCl_4 5×10^{-3} M

Dipipet 10 mL Na_2PbCl_4 5×10^{-3} M kemudian dimasukkan dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan akuades hingga tanda batas.

2.3 Larutan Na_2PbCl_4 5×10^{-5} M dari larutan Na_2PbCl_4 5×10^{-4} M

Dipipet 10 mL Na_2PbCl_4 5×10^{-4} M kemudian dimasukkan dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan akuades hingga tanda batas.



LAMPIRAN 3. FOTO ALAT-ALAT PENELITIAN



Oven



Neraca digital



Alat-alat kimia



Potensiometri pHmeter



ESI PbCl_4^{2-}



Rangkaian pengukuran ESI