

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KARBON AKTIF TANDAN PISANG  
DENGAN AKTIVATOR H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10% UNTUK ADSORPSI LOGAM Pb (II)  
DAN Cr (VI) DALAM LARUTAN**

**SKRIPSI**

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



Disusun oleh :

KLANA WIJAYA A. SYAMSUDIN

No. Mahasiswa : 13612137

**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2017**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KARBON AKTIF TANDAN PISANG  
DENGAN AKTIVATOR H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10% UNTUK ADSORPSI LOGAM Pb (II)  
DAN Cr (VI) DALAM LARUTAN**

oleh :

**KLANA WIJAYA A. SYAMSUDIN**

**No. Mahasiswa : 13612137**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Penguji Skripsi Program Studi  
Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Islam Indonesia  
27 Juli 2017

Dewan Penguji

Tanda Tangan

1. Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D.

2. Ika Yanti, S.Si., M.Sc.

3. Febi Indah Fajarwati, S.Si., M.Sc.

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Islam Indonesia



(Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D.)

NIK. 966120101

## SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Klana Wijaya A. Syamsudin

Nim : 13612137

Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia

Dengan ini menyatakan bahwa judul skripsi “Sintesis dan Karakterisasi Karbon Aktif Tandan Pisang dengan Aktivator  $H_3PO_4$  10% untuk Adsorpsi Logam Pb (II) dan Cr (VI) dalam Larutan” benar-benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 18 Agustus 2017

Yang membuat pernyataan,



Klana Wijaya A. Syamsudin

## PERSEMBAHAN DAN MOTTO

- Kupersembahkan untuk kedua orang tua (Bapak Ade H. Taher Syamsudin dan Ibu Sofia Leybo, Serta saudara-saudara kandung (Serly A. Syamsudin, Fitria A. Syamsudin, Sriwahyuni A. Syamsudin dan Wilda A. Syamsudin) yang telah memberikan dukungan dan doa, serta selalu mencurahkan kasih sayang, cinta.
- Sesungguhnya sholatku, ibadahku, hidupku, dan matiku semuanya bagi Allah, Rabb semesta alam. (QS.Al-An'am: 162)
- Tiga kunci keberhasilan adalah Man jadda wa jadda (barang siapa yang bersungguh-sungguh maka mendapatkannya), Man Shabara Zafira (siapa yang bersabar akan beruntung) dan Man Saara 'Alaa Darbi Washola (siapa yang berjalan dijalur-Nya akan sampai).
- Tiga tahapan Ilmu adalah jika seseorang memasuki tahap pertama, maka dia akan sombong. Jika ia memasuki tahap kedua, maka ia akan rendah hati. Jika ia memasuki tahap ketiga, maka ia akan merasa dirinya tidak ada apa-apanya. (Umar bin Khattab)



## KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Panyayang, kami panjatkan puja dan puji syukur atas kehadiran-Nya, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya kepada kami, sehingga kami dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sintesis dan Karakterisasi Karbon Aktif Tandan Pisang dengan Aktivator  $H_3PO_4$  10% Untuk Adsorpsi Logam Pb (II) dan Cr (VI) Dalam Larutan”.

Skripsi ini telah kami susun dengan maksimal dan mendapatkan bantuan dari berbagai pihak sehingga dapat memperlancar pembuatan proposal ini. Untuk itu kami menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan kemudahan dan kelancaran serta mengizinkan tiap-tiap yang terjadi sejak pertama proses pembelajaran hingga skripsi ini selesai dibuat;
2. Keluarga penulis, terutama kedua orang tua (Ade H. Taher Syamsuddin dan Sofia Leybo) dan kakak (Kak Serly, Kak Foni, Kak, Kak bida, dan Kak Rama) penulis yang telah memberikan dukungan baik secara moral maupun material;
3. Bapak Nandang Sutrisno, S.H., LL.M., M.Hum., Ph.D. selaku Rektor Universitas Islam Indonesia;
4. Bapak Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D. selaku Dekan FMIPA UII sekaligus dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan pengarahan, masukan, diskusi, serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu;
5. Ibu Dr. Is Fatimah, M.Si selaku Ketua Prodi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia;
6. Ibu Ika Yanti, S.Si, M.Sc. dan Febi Indah Fajarwati S.Si, M.Sc. selaku dosen penguji skripsi yang telah membimbing dan melengkapi isi skripsi ini;
7. Seluruh staf dan dosen Program Studi Ilmu Kimia Universitas Islam Indonesia yang telah mengajar dan memberi pengetahuan selama menjadi mahasiswa Ilmu Kimia UII;

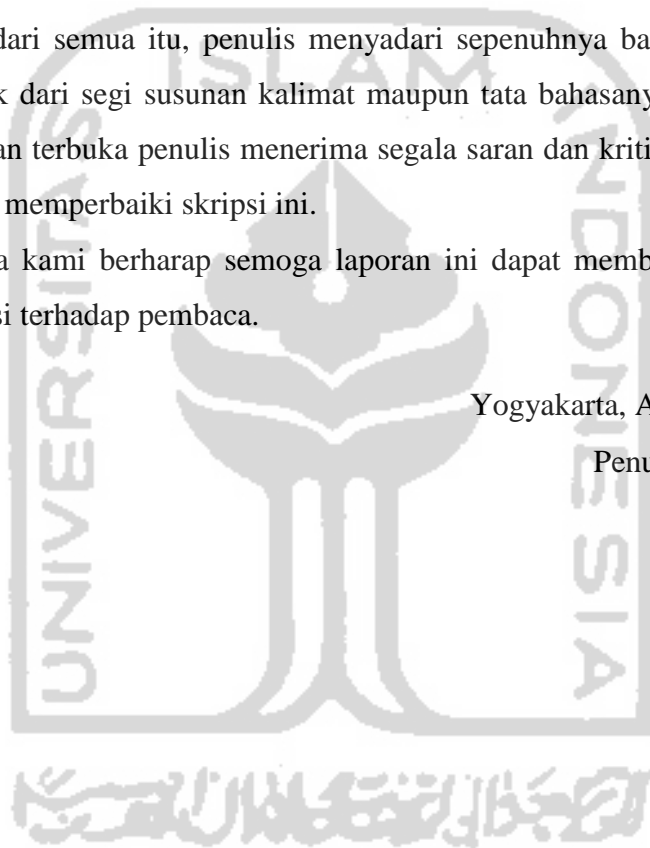
8. Sahabat-sahabat penulis serta rekan satu penelitian pembuatan karbon aktif, team ART (Shasa, Tari, Ridho, Tomi, Hendra, Ade, mbak Watik, mbak Diah, kak Alfarizi, kak Ovi), teman-teman Sanak Saudara, teman-teman sesama daerah dikontrakan Simanjuntak 62C Terban, terima kasih atas kerjasamanya, persahabatan, bantuan, dan dukungannya selama ini;
9. Seluruh teman-teman Ilmu Kimia UII 2013 baik kelas A dan B tidak dapat disebutkan satu persatu atas persahabatan dan keceriaannya yang diberikan selama ini.

Terlepas dari semua itu, penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih ada kekurangan baik dari segi susunan kalimat maupun tata bahasanya. Oleh karena itu dengan tangan terbuka penulis menerima segala saran dan kritik dari pembaca agar kami dapat memperbaiki skripsi ini.

Akhir kata kami berharap semoga laporan ini dapat memberikan manfaat maupun inspirasi terhadap pembaca.

Yogyakarta, Agustus 2017

Penulis



# SINTESIS DAN KARAKTERISASI KARBON AKTIF TANDAN PISANG DENGAN AKTIVATOR H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10% UNTUK ADSORPSI LOGAM Pb (II) DAN Cr (VI) DALAM LARUTAN

## INTISARI

Klana Wijaya A. Syamsudin  
NIM: 13612137

Penelitian tentang sintesis dan karakterisasi karbon aktif tandan pisang dengan aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10% sebagai adsorben untuk adsorpsi logam Pb (II) dan Cr (VI). Penelitian ini bertujuan untuk mensintesa karbon aktif berbasis bahan tandan pisang dan menentukan kapasitas adsorpsi maksimum terhadap logam Pb (II) dan Cr (VI). Sintesis karbon aktif dibuat dari bahan tandan pisang menggunakan aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> konsentrasi 10 % dengan proses karbonisasi hidrotermal selama 8 jam kemudian di *furnace* selama 3 jam dengan temperatur 400 °C. Karbon aktif dikarakterisasi dengan *Fourier Transform Spectroscopy Infrared* (FTIR), *Surface Area Analyzer* (SAA) dan (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDX) serta dilakukan uji kadar air dan kadar abu. Selanjutnya dilakukan penentuan pH, massa karbon aktif, waktu kontak dan kapasitas adsorpsi maksimum.

Dari hasil FTIR adanya gugus C-H alkana, C=C dan C-O, SEM-EDX terbentuk serpihan-serpihan dan pori dengan jumlah unsur C sebesar 44,36%, SAA-BET luas permukaan sebesar 113,096 m<sup>2</sup>/g, ukuran pori yang terbentuk sebesar 40,2030 Å dan volume pori sebesar 0,2273 cc/g, kadar air sebesar 8,9664 % dan kadar abu sebesar 1,6094 %. Daya adsorpsi pH optimum logam Pb (II) dan Cr (VI) pada pH 5 sebesar 87,00 dan 50,70 %. Massa karbon optimum sebanyak 2 gram pada logam Pb (II) dan Cr (VI) sebesar 98,46 dan 84,00 %. Waktu kontak optimum selama 75 menit logam Pb (II) dan Cr (VI) sebesar 99,51 dan 95,50 %. Kapasitas adsorpsi maksimum karbon aktif terhadap logam Pb (II) dan Cr (VI) sebesar 4,1736 dan 3,4200 mg/g. Adsorpsi yang sering terjadi pada lapisan *monolayer* (isoterm Langmuir).

Kata kunci: Karbon Aktif, Tandans Pisang, Karbonisasi Hidrotermal, Ion Logam Pb (II), Ion Logam Cr (VI).

**SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF ACTIVATED CARBON  
FROM BANANA EMPTY FRUIT BUNCH USING H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10%  
ACTIVATOR FOR ADSORPTION OF Pb (II) AND Cr (VI) FROM  
AQUEOUS SOLUTION**

**ABSTRACT**

Klana Wijaya A. Syamsudin  
NIM: 13612137

The research on synthesis and characterization of activated carbon from banana empty fruit bunch using H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10% activator for adsorption of Pb (II) and Cr (VI) from aqueous solution. This study is synthesis of activated carbon based on banana empty fruit bunch and applying to determine the maximum adsorption capacity of Pb (II) and Cr (VI). Synthesis of activated carbons created by banana empty fruit bunch using H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> concentrated 10 % activator with hydrothermal carbonization process about 8 hours and furnace about 3 hours with temperature 400 °C. Characterization of activated carbon using Fourier Transform Spectroscopy Infrared (FTIR), Surface Area Analyzer (SAA) and Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS), and testing of moisture content and ash content. Furthermore, determining of pH, activated carbon mass, contact time and maximum adsorption capacity.

The result of the FTIR functional groups present of C-H alkane, C=C and C-O, SEM-EDX formed flakes and pores in activated carbon and C element about 44.36 %, SAA-BET surface area values were 113,096 m<sup>2</sup>/g, pore size values were 40,2030 Å dan pore volume values were 0,2273 cc/g, moisture content 8.9664 % and ash content 1,6094 %. The adsorption capacity of optimum pH of metal Pb (II) and Cr (VI) at pH 5 yield 87,00 and 50,70 %. Optimum of activated carbon mass at 2 grams on metal Pb (II) and Cr (VI) yield 98,46 and 84,00 %. Optimum contact time at 75 minutes of ion metals Pb (II) and Cr (VI) yield 99,51 and 95,50 %. Maximum adsorption capacity of activated carbon ion metal of Pb (II) and Cr (VI) values were 4,1736 and 3,4200 mg/g. Adsorption is common in monolayer (The Langmuir Isotherm).

**Keywords:** Activated Carbon, Banana Empty Fruit Bunch, Hydrothermal Carbonization, Ion Metal Pb (II), Ion Metal Cr (VI).

## DAFTAR ISI

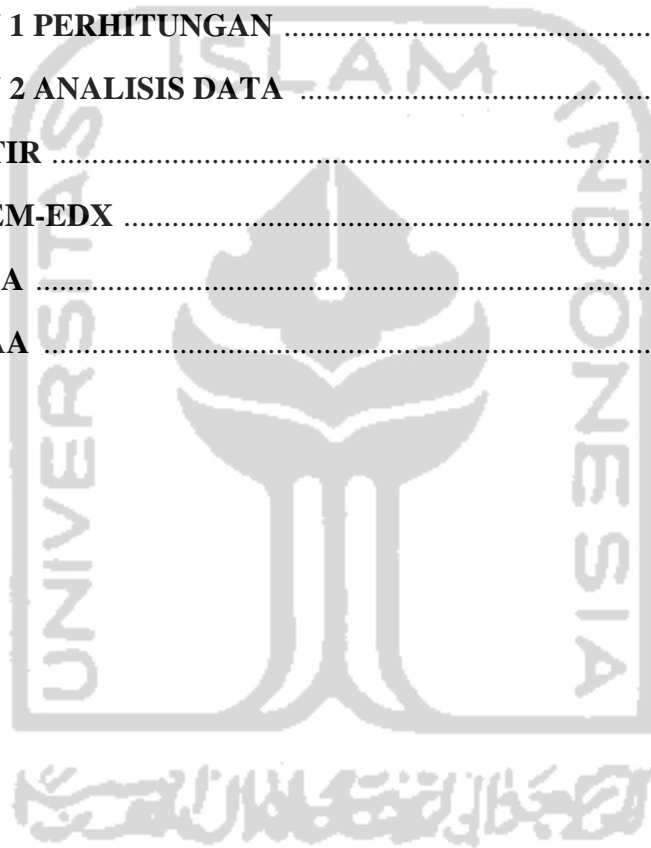
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN DAN MOTTO</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>INTISARI</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	4
1.3. Tujuan Penelitian .....	5
1.4. Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1. Tandan Pisang .....	6
2.2. Metode Pembuatan Karbon Aktif .....	7
2.3. Karakterisasi Karbon Aktif Tanda Pisang .....	9
2.4. Proses Adsorpsi Logam Pb (II) dan Cr (VI) .....	10
<b>BAB III DASAR TEORI</b> .....	13
3.1. Tumbuhan Pisang .....	13
3.1.1. Tandan Pisang .....	14
3.2. Karbon Aktif .....	15
3.3. Adsorpsi .....	21
3.3.1. Adsorpsi Fisika .....	22

3.3.2. Adsorpsi Kimia .....	23
3.3.3. Isoterm Adsorpsi .....	23
3.3.3.1. Isoterm Langmuir .....	24
3.3.3.2. Isoterm Freundlich .....	26
3.3.3.3. Isotherm Brunauer Emmet Teller (BET) .....	27
3.3.4. Mekanisme Adsorpsi .....	31
3.4. Logam Berat .....	32
3.4.1. Logam Timbal (Pb) .....	33
3.4.2. Logam Krom (Cr) .....	34
3.5. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) .....	35
3.6. <i>Fourier Transform Spectroscopy Infrared</i> (FTIR) .....	37
3.7. <i>Surface Area Analyzer</i> (SAA) .....	40
3.8. <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	41
3.9. Karbonisasi Hidrotermal .....	43
<b>BAB IV METODE PENELITIAN</b> .....	<b>45</b>
4.1. Waktu dan Tempat Kegiatan .....	45
4.2. Bahan .....	45
4.3. Alat .....	45
4.4. Cara Kerja .....	46
4.4.1. Pembuatan Karbon Aktif dari Tandan Pisang .....	46
4.4.2. Karakterisasi Adsorben Karbon Aktif Dengan FTIR, SEM-EDX dan SAA .....	46
4.4.3. Pengujian Kadar Air .....	47
4.4.4. Pengujian Kadar Abu .....	47
4.4.5. Pembuatan Larutan Logam Pb (II) .....	47
4.4.5.1. Pembuatan Larutan Induk 1000 mg/L .....	47
4.4.5.2. Pembuatan Larutan Baku 50, 100, 150 dan 200 mg/L .....	47



4.4.5.3. Pembuatan Larutan Baku 1, 5, 10, 15 dan 20 mg/L .....	48
4.4.6. Pembuatan Larutan Logam Cr (VI) .....	48
4.4.6.1. Pembuatan Larutan Induk 1000 mg/L .....	48
4.4.6.2. Pembuatan Larutan Baku 50, 100, 150 dan 200 mg/L .....	48
4.4.6.3. Pembuatan Larutan Baku 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 dan 3,0 mg/L...	48
4.4.7. Penentuan Kondisi Optimum Adsorpsi .....	49
4.4.7.1. Pengaruh pH Ion Logam Terhadap Adsorpsi Ion Logam Pb (II) dan Cr (VI) .....	49
4.4.7.2. Pengaruh Massa Karbon Aktif Tandan Pisang Terhadap Adsorpsi Ion Logam Pb (II) dan Cr (VI) .....	49
4.4.7.3. Penentuan Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Ion Logam Pb (II) dan Cr (VI) .....	50
4.4.7.4. Penentuan Kapasitas Adsorpsi Ion Logam Pb (II) dan Cr (VI) .....	50
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>51</b>
5.1. Pembuatan Karbon Aktif dari Tandan Pisang .....	51
5.2. Karakterisasi Karbon Aktif Tandan Pisang .....	54
5.2.1. Kadar Air dan Kadar Abu .....	54
5.2.2. Keberadaan Gugus Fungsi Karbon Aktif Tandan Pisang .....	56
5.2.3. Morfologi dan Komposisi Kandungan Karbon Aktif Tandan Pisang .....	59
5.2.4. Penentuan Luas Permukaan, Jumlah Pori dan Ukuran Pori Karbon Aktif Tandan Pisang .....	61
5.3. Aplikasi Karbon Aktif Untuk Adsorpsi Logam Pb (II) dan Cr (VI) .....	62
5.3.1. Pengaruh pH Terhadap Adsorpsi Logam Pb (II) dan Cr (VI) .....	62
5.3.2. Pengaruh Massa Karbon Aktif Terhadap Adsorpsi Logam Pb (II) dan Cr (VI).....	65
5.3.3. Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Logam Pb (II) dan Cr (VI).....	67
5.3.4. Kapasitas Adsorpsi Maksimum .....	68

<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	74
6.1. Kesimpulan .....	75
6.2. Saran .....	72
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	76
<b>LAMPIRAN</b> .....	86
<b>LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN</b> .....	87
<b>LAMPIRAN 2 ANALISIS DATA</b> .....	90
<b>HASIL FTIR</b> .....	93
<b>HASIL SEM-EDX</b> .....	97
<b>HASIL SSA</b> .....	100
<b>HASIL SAA</b> .....	108



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1.</b> Spesies logam kromium terhadap pH dilarutan .....	11
<b>Gambar 2.2.</b> Spesies logam timbal terhadap pH dilarutan .....	12
<b>Gambar 3.1.</b> Tandan pisang beserta buahnya .....	14
<b>Gambar 3.2.</b> Struktur grafit karbon aktif .....	16
<b>Gambar 3.3.</b> Struktur kimia karbon aktif .....	16
<b>Gambar 3.4.</b> Reaksi pembakaran menjadi karbon .....	20
<b>Gambar 3.5.</b> Reaksi aktivasi antara arang dengan $H_3PO_4$ .....	20
<b>Gambar 3.6.</b> Proses adsorpsi .....	21
<b>Gambar 3.7.</b> Ilustrasi adsorpsi fisika (kiri) dan adsorpsi kimia (kanan) .....	22
<b>Gambar 3.8.</b> Kurva adsorpsi isoterm Langmuir .....	25
<b>Gambar 3.9.</b> Kurva adsorpsi isoterm Freundlich .....	27
<b>Gambar 3.10.</b> Pendekatan isoterm adsorpsi BET .....	27
<b>Gambar 3.11.</b> Kurva adsorpsi isotermis BET .....	31
<b>Gambar 3.12.</b> Tahap-tahap mekanisme adsorpsi .....	32
<b>Gambar 3.13.</b> Diagram spektrofotometer serapan atom .....	36
<b>Gambar 3.14.</b> Skema alat spektroskopi inframerah .....	39
<b>Gambar 3.15.</b> Skema kerja <i>surface area analyzer</i> .....	40
<b>Gambar 3.16.</b> Komponen utama dan skema kerja SEM .....	42
<b>Gambar 5.1.</b> Tandan pisang yang telah dipotong kecil-kecil dan keringkan .	52
<b>Gambar 5.2.</b> Alat presto untuk karbonisasi hidrotermal (kiri) dan arang hasil proses karbonisasi hidrotermal (kanan) .....	52
<b>Gambar 5.3.</b> Alat <i>furnace</i> untuk aktivasi (kiri) dan karbon aktif hasil aktivasi dengan <i>furnace</i> (kanan) .....	53
<b>Gambar 5.4.</b> Hasil akhir karbon aktif .....	54
<b>Gambar 5.5.</b> (a)Karbon aktif sebelum perendaman dengan $HNO_3$ dan penetralan (b)Karbon aktif sesudah perendaman dengan $HNO_3$ dan penetralan .....	56

<b>Gambar 5.6.</b> Hasil uji SEM karbon aktif tandan pisang hasil akhir .....	59
<b>Gambar 5.7.</b> Komposisi kandungan karbon aktif tandan pisang hasil akhir ..	60
<b>Gambar 5.8.</b> Pembentukan Kurva isoterm BET .....	61
<b>Gambar 5.9.</b> Daya adsorpsi karbon aktif terhadap variasi pH larutan logam	63
<b>Gambar 5.10.</b> Daya adsorpsi karbon aktif terhadap variasi massa karbon ....	66
<b>Gambar 5.11.</b> Daya adsorpsi karbon aktif terhadap variasi waktu kontak ....	67
<b>Gambar 5.12.</b> Kapasitas adsorpsi dan daya adsorpsi karbon aktif terhadap variasi larutan logam Pb (II) dan Cr (VI) .....	69
<b>Gambar 5.13.</b> Kurva isoterm Langmuir hubungan antara $C_e/q_e$ terhadap $C_e$	71
<b>Gambar 5.14.</b> Kurva isoterm Freundlich hubungan antara $\text{Log } q_e$ terhadap $\text{Log } C_e$ .....	71



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1.</b> Parameter analisis proksimat, analisis elemental dan kandungan senyawa biokimia pada tandan pisang .....	6
<b>Tabel 3.1.</b> Klasifikasi karbon berdasarkan bentuknya .....	18
<b>Tabel 3.2.</b> Persyaratan karbon aktif berdasarkan SII No.0258-79 .....	19
<b>Tabel 3.3.</b> Jenis-jenis isoterm Langmuir linear .....	24
<b>Tabel 3.4.</b> Tabel Spektra Inframerah .....	38
<b>Tabel 5.1.</b> Hasil FTIR karbon aktif sebelum dan sesudah perendaman dengan HNO <sub>3</sub> dan penetralan .....	57
<b>Tabel 5.2.</b> Parameter adsorpsi isoterm karbon aktif tandan pisang .....	72



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar belakang**

Umumnya karbon aktif merupakan bahan yang di kenal sebagai bahan adsorben untuk digunakan pada sektor industri pangan maupun nonpangan. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk membuat karbon aktif dari bagian-bagian tumbuhan yang tidak dipakai karena memiliki banyak senyawa karbon seperti pelepah kelapa, ampas sagu, tongkol jagung, ampas penggilingan tebu, tempurung kelapa, sekam padi, serbuk gergaji, kayu keras dan kulit singkong. Tetapi tandan pisang belum digunakan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Pada proses pembuatan karbon aktif secara kimia digunakan aktivator. Untuk aktivatornya digunakan  $H_3PO_4$  karena dapat menyerap kandungan mineral pada bahan yang akan dijadikan karbon aktif sehingga mencegah terbentuknya abu pada karbon aktif (Sangi dkk., 2012).

Pada prinsipnya, karbon aktif dapat dibuat melalui cara fisika dan cara kimia. Pembuatan arang aktif secara fisika umumnya berlangsung dua tahap meliputi tahap pembentukan pori (proses karbonasi) pada suhu 400-600 °C dan tahap pengaktifan pori (proses aktivasi) pada suhu 800-1100 °C. Sedangkan pembuatan karbon aktif secara kimia umumnya berlangsung dalam satu tahap pada suhu 500-900 °C (Sufnarski, 1999). Proses karbonasi hidrotermal sangat potensial untuk diaplikasikan pada pembuatan karbon aktif, dikarenakan proses karbonasi ini umumnya berlangsung pada suhu relatif rendah, menggunakan air



sebagai media karbonasi, serta mampu menghasilkan arang aktif yang memiliki luas permukaan besar dan berstruktur mesopori, serta kaya gugus fungsi oksigen. Proses karbonasi hidrotermal dilakukan dalam reaktor tertutup menggunakan media air dan tekanan dari air teruapkan (*autogenous pressure*) pada suhu rendah (Sevilla dkk., 2009). Selain itu, Metode hidrotermal digunakan karena memiliki beberapa keunggulan yaitu lebih efisien dan praktis. Efisien dalam energi yang digunakan karena hanya menggunakan suhu yang rendah yaitu 190 °C. Praktis alat yang mudah digunakan dengan memasukkan sampel ke dalam alat hidrotermal kemudian di *furnace* (Titirici dan Antonietti, 2010).

Logam berat dapat membahayakan bagi kehidupan manusia jika konsentrasi melebihi batas ambang yang diijinkan. Air limbah dari perindustrian dan pertambangan merupakan sumber utama polutan logam berat. Namun demikian, meskipun konsentrasinya belum melebihi batas ambang, keberadaan logam berat telah diketahui bersifat akumulatif dalam sistem biologis. Salah satu logam berat yang menjadi masalah adalah timbal dan krom (Quek dkk., 1998).

Logam timbal (Pb) diperairan merupakan suatu masalah yang perlu mendapat perhatian khusus, karena logam berat ini berpengaruh buruk terhadap seluruh organisme yang ada di perairan dan dapat terakumulasi dalam rantai makanan. Sumber utama polusi timbal pada lingkungan berasal dari proses pertambangan, peleburan dan pemurnian logam tersebut, hasil limbah industri, dan asap kendaraan bermotor (Darmono, 2001). Keracunan yang disebabkan oleh timbal dalam mempengaruhi berbagai jaringan dan organ organ tubuh. Organ-organ tubuh yang akan menjadi sasaran dari keracunan logam timbal adalah

sistem peredaran darah, sistem saraf, sistem reproduksi, sistem endokrin dan jantung (Palar, 1994).

Krom (Cr) merupakan kontaminan yang banyak ditemukan dari limbah industri electroplating, sablon/pewarnaan, pembersihan logam, industri penyamakan kulit, dan pertambangan. Kromium terdapat di lingkungan dalam bentuk kromium (III) dan kromium (VI). Kromium heksavalen dalam jumlah yang relatif sedikit memiliki efek yang bersifat racun pada makhluk hidup dan dapat merusak paru-paru, hati dan ginjal. Kromium (VI) bersifat mutagenik, karsinogenik dan teratogenik (Gupta dkk., 2013). Pada tanaman konsentrasi krom yang berlebihan mengakibatkan terganggunya proses metabolisme tanaman, terjadinya gejala klorosis dan nekrosis (Panda dan Choudhury, 2005). Krom pada tanaman juga dapat menyebabkan terganggunya proses fotosintesis, fiksasi CO<sub>2</sub>, transpor elektron, fotofosforilasi dan aktivitas enzim (Shanker dkk., 2005).

Mengingat bahayanya akumulasi logam berat bagi lingkungan maupun kesehatan manusia, maka diperlukan metode penanganan yang tepat. Pada umumnya proses yang dilakukan untuk menangani aliran limbah yang tercemar logam berat adalah pengendapan secara kimia, filtrasi membran dan *ion exchange resin*. Proses ini biasanya memakai biaya yang relatif tinggi sehingga tidak cocok untuk kebutuhan negara berkembang (Bereket dkk., 1997). Untuk itu digunakan metode adsorpsi menggunakan karbon aktif.

Oleh sebab itu, dalam penelitian ini karbon aktif dibuat dari bahan baku tandan pisang dan diaplikasikan pada adsorpsi ion logam berat pada larutan. Jenis

ion logam berat yang dipakai adalah ion logam Pb (II) dan Cr (VI). Untuk karakterisasi karbon aktif sebagai adsorben digunakan FTIR (*Fourier Transform Spectroscopy Infrared*), SAA (*Surface Area Analyzer*) dan SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray*) serta dilakukan uji kadar air dan kadar abu. Sedangkan untuk analisis ion logam Pb (II) dan Cr (VI) pada larutan dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas yang telah dipaparkan maka diambil suatu rumusan masalah yaitu:

1. Bagaimana cara sintesis karbon aktif dari tandan pisang dengan aktivator  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10 % sebagai adsorben?
2. Bagaimana karakterisasi karbon aktif dari tandan pisang dengan aktivator  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10 % sebagai adsorben?
3. Menentukan pH, massa karbon aktif, waktu kontak dan kapasitas adsorpsi maksimum karbon aktif tandan pisang terhadap ion logam Pb (II) dan Cr (VI)?

### 1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui cara sintesis karbon aktif dari tandan pisang dengan aktivator  $H_3PO_4$  10 % sebagai adsorben.
2. Mengetahui karakterisasi karbon aktif dari tandan pisang dengan aktivator  $H_3PO_4$  10 % sebagai adsorben.
3. Mengetahui pH, massa karbon aktif, waktu kontak dan kapasitas adsorpsi maksimum karbon aktif tandan pisang terhadap ion logam Pb (II) dan Cr (VI).

### 1.4. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian di atas telah disebutkan maka manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Memperoleh ilmu tentang cara sintesis karbon aktif dari tandan pisang menggunakan aktivator  $H_3PO_4$  10 % sebagai adsorben.
2. Memperoleh informasi ciri-ciri dan karakter dari karbon aktif dari tandan pisang dengan aktivator  $H_3PO_4$  10 % sebagai adsorben.
3. Memperoleh data pH, massa karbon aktif, waktu kontak dan kapasitas adsorpsi maksimum karbon aktif tandan pisang terhadap ion logam Pb (II) dan Cr (VI).

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Tandan Pisang

Tanaman pisang (*Musa Paradisiaca*) merupakan tanaman yang banyak terdapat dan tumbuh di daerah tropis maupun subtropics. Salah satu bagian tanaman pisang yang menjadi limbah yaitu tandan pisang. Buah pisang tersusun dalam tandan. Tiap tandan terdiri atas beberapa sisir, dan tiap sisir terdiri dari 6-22 buah pisang atau tergantung pada varietasnya (Rukmana, 1999). Menurut Sugumaran dkk., (2012) kandungan-kandungan proksimat, unsur elemental, senyawa biokimia dalam tandan pisang pada tabel 2.1.

**Tabel 2.1.** Parameter analisis proksimat, analisis elemental dan kandungan senyawa biokimia pada tandan pisang

Parameters	Kandungan (%)
<b>Analisis proksimat</b>	
Kadar air	5,21
Kadar abu	15,73
<i>Fixed Carbon</i>	5,95
Zat terbang	78,83
<b>Analisis elemental</b>	
Karbon	41,75
Hidrogen	5,10
Nitrogen	1,23
Sulfur	0,18
Oksigen	51,73
<b>Senyawa biokimia</b>	
Selulosa	8,30
Hemiselulosa	21,23
Lignin	19,06

(Sumber : Sugumaran dkk., 2012).

Karbon aktif dapat disintesa dari berbagai bahan alami dan sintetik. Senyawa lignoselulosa merupakan salah satu prekursor yang paling banyak

digunakan. Komposisi senyawa lignoselulosa terdiri dari senyawa biokimia seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin. Ketiga senyawa tersebut yang menentukan porositas karbon aktif yang dihasilkan (Amirza dkk., 2016).

Penggunaan tandan pisang sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif karena kandungan selulosa dan hemiselulosa dalam tandan pisang cukup tinggi dan kadar lignin yang rendah. Lignin kurang stabil dan kurang bisa diuraikan sehingga mempengaruhi keaktifan karbon. Semakin sedikit lignin yang terdapat dalam bahan baku maka kualitas karbon aktif semakin baik (Priatmoko dkk., 1995).

Penelitian tentang pembuatan karbon aktif dari tandan pisang pernah dilakukan oleh Adebisi dkk. (2016) yang buat dengan proses hidrotermal menggunakan aktivator  $H_3PO_4$ . Dalam penelitian tersebut, karbon yang terbentuk sebesar sekitar 24,77-47,88 %. Adapun penelitian Sugumaran dkk. (2012) karbon aktif dari tandan pisang dengan proses pirolisis menggunakan aktivator  $H_3PO_4$  10 % terbentuk karbon sebesar 36,10 %.

## **2.2. Metode Pembuatan Karbon Aktif**

Karbon aktif adalah bahan karbon hitam yang berbentuk padat, mikrokristalin dan non-grafit dengan struktur berpori. Karbon aktif merupakan bahan penyerap yang unik dan serbaguna karena luas permukaannya yang diperluas, berstruktur mikropori dan memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi, serta tingkat reaktivitas permukaan yang tinggi (Sugumaran dkk., 2012).

Pada prinsipnya, pembuatan karbon menjadi karbon aktif adalah proses untuk membuka pori-pori agar menjadi lebih luas, yaitu dari luas  $2 \text{ m}^2/\text{g}$  pada



arang menjadi 300–2000 m<sup>2</sup>/g pada karbon aktif. Karbon aktif dapat dibedakan berdasarkan sifat pada permukaannya. Permukaan pada karbon masih ditutupi oleh deposit hidrokarbon yang menghambat keaktifannya, sedangkan pada karbon aktif permukaannya relatif telah bebas dari deposit dan mampu mengadsorpsi karena permukaannya luas dan pori-porinya telah terbuka (Gomez-Serrano dkk., 2003).

Pada karbonisasi hidrotermal selulosa, hemiselulosa dan lignin mulai terdekomposisi berturut-turut pada suhu 220 °C, 180 °C dan 180 °C (Bobleter, 1994). Hidrolisis kayu pada KH menghasilkan glukosa, selobiosa dan seloheksosa yang kemudian terdehidrasi dan terfragmentasi menjadi furan sebagai perantara (intermediate) pembentukan aromatik karbon melalui proses kondensasi dan dehidrasi (Sevilla dan Fuertes, 2009). Selama proses karbonisasi hidrotermal, tekanan uap dan media air dalam reaktor membantu pembentukan pori. Hemiselulosa terhidrolisis dan terpisah dari lignin, sehingga arang-hidro memiliki kandungan oksigen tinggi dan tekstur lebih berpori dibandingkan arang pirolisis. Pada kondisi ini mikropori terbentuk walaupun dalam jumlah sangat kecil. Fenomena ini menunjukkan bahwa karbonisasi hidrotermal merupakan tahap awal dalam membentuk karbon aktif dengan porositas tinggi (Schneider dkk., 2011).

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan karbon aktif berbahan dasar tandan pisang dengan proses hidrothermal. Hidrotermal dari biomasa biasanya pada suhu di kisaran 100-374 °C menghasilkan senyawa-senyawa organik yang larut dalam air dan produk padat yang kaya akan karbon, umumnya diketahui sebagai *hydrochar* (Sevilla dan Fuertes, 2009).

Penelitian tentang pembuatan karbon aktif yang dilakukan oleh Sartika dkk. (2014) dari ampas tebu dengan proses karbonasi hidrothermal menghasilkan daya serap cukup besar yakni sebesar 951,99 mg/g. Selain itu, Saptadi dkk. (2014) melaporkan proses pembuatan arang aktif dari kayu menggunakan metode hidrothermal yang dikarakterisasi menggunakan difraksi sinar-X (XRD) memiliki derajat kristalinitas rendah dan memiliki daya serap iod yang cukup tinggi. Kilic dkk. (2013) juga melaporkan pembuatan biochar berbahan dasar buah almond dengan metode *slow pyrolysis* mampu mengadsorpsi ion logam Ni (II) dan Co (II) dengan kapasitas adsorpsi ion Co (II) sebesar 28,09 mg/g dan ion Ni (II) sebesar 22,22 mg/g.

### **2.3. Karakterisasi Karbon Aktif Tandan Pisang**

Karakterisasi Karbon aktif merupakan dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat fisik dan kimia pada bahan material tersebut. Instrumen yang digunakan karakterisasi karbon aktif yaitu *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan Spektroskopi infra merah (FTIR) dan *Surface Area Analyzer* (SAA). Pada penelitian Sugumaran dkk. (2012), karbon aktif kulit buah tanaman flamboyan (DRFP) yang diaktivasi dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10 % dan KOH 10% dengan proses pirolisis pada temperatur 450 °C terdapat gugus fungsi O-H pada 3834-3400 cm<sup>-1</sup>, C-H alifatik pada 2921-2853 cm<sup>-1</sup>, N-H pada 1560-1530 cm<sup>-1</sup>, dan C-O pada 1190-1120 cm<sup>-1</sup>. Sedangkan karbon aktif tandan pisang (BEFP) yang diaktivasi dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10% dan KOH 10% dengan menggunakan *muffle furnace* elektrik pada temperatur 400 °C selama 1 jam terdapat gugus fungsi O-H pada 3845-3800 cm<sup>-1</sup>, O-H asam karboksilat pada 3399 cm<sup>-1</sup> dan 3196 cm<sup>-1</sup>, C-H pada

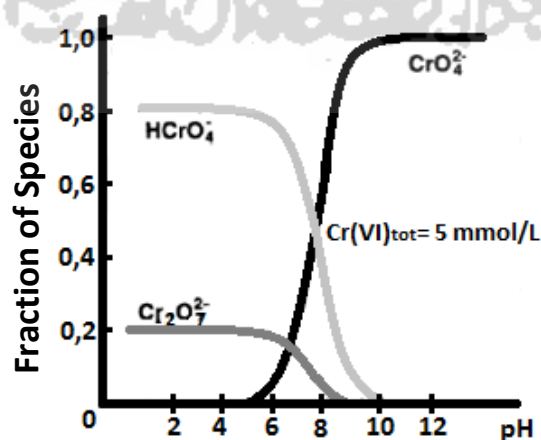
2923-2800  $\text{cm}^{-1}$ , N-H pada 1594-1500  $\text{cm}^{-1}$  dan C-O eter pada 1118-1000  $\text{cm}^{-1}$ . Hasil analisis FTIR tersebut menunjukkan bahwa pergeseran pita, perubahan jumlah panjang gelombang dan absorbansi dikarenakan perubahan kimia yang terjadi selama pirolisis. Untuk BET, karbon DRFP aktivasi  $\text{H}_3\text{PO}_4$  dan tanpa aktivasi memiliki luas permukaan 22,29  $\text{m}^2/\text{g}$  dan 17,54  $\text{m}^2/\text{g}$ , sedangkan karbon BEFP aktivasi  $\text{H}_3\text{PO}_4$  sebesar 15,37  $\text{m}^2/\text{g}$ . Pada karbon DRFP aktivasi KOH dan tanpa aktivasi luas permukaan sebesar 0,3242  $\text{m}^2/\text{g}$  dan 1,04  $\text{m}^2/\text{g}$ . Volume pori pada karbon BEFP aktivasi  $\text{H}_3\text{PO}_4$  sebesar 0,456  $\text{cm}^3/\text{g}$  dan karbon BEFP tanpa aktivasi menunjukkan volume pori yang tidak signifikan. Pada semua karbon DRFP volume pori sebesar 0,6032  $\text{cm}^3/\text{g}$  lebih tinggi daripada tanpa aktivasi KOH dan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  yaitu 0,3521 dan 0,2598  $\text{cm}^3/\text{g}$ . Luas permukaan BET relatif rendah pada substrat berkisar 0,2598-22,2908  $\text{m}^2/\text{g}$ . Hal ini tersebut karena kualitas substrat pada kedua sampel bersifat berserat. Hasil SEM dari karbon BEFB tanpa aktivasi berbentuk batang. Pada karbon yang telah teraktivasi terbentuk pelat-pelat yang banyak. Sampel BEFB teraktivasi KOH terbentuk pori-pori. karbon DRFP diaktivasi KOH dan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  terbentuk pori-pori terbuka. Karbon tanpa aktivasi terbentuk lubang pada permukaan dan dinding yang kecil. Karbon aktivasi KOH terbentuk lubang yang banyak pada permukaan karbon dan serpihan-serpihan. Sedangkan karbon aktivasi asam fosfat terbentuk pori-pori yang lebih besar.

#### **2.4. Proses Adsorpsi Logam Pb (II) dan Cr (VI)**

Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh padatan tertentu terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom

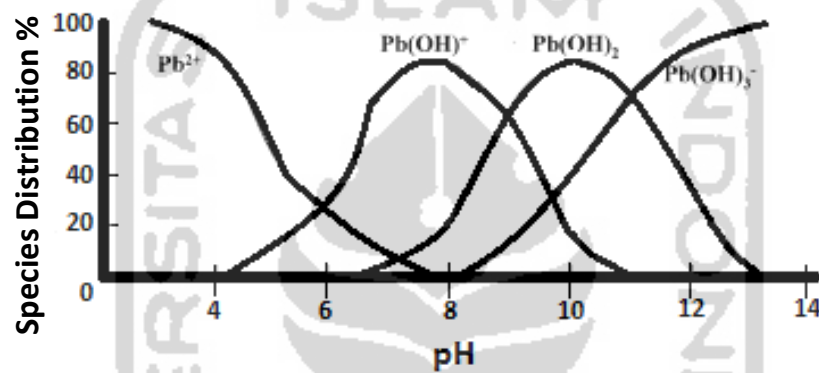
atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap ke dalam (Bird, 1993). Teknik adsorpsi lebih menguntungkan daripada teknik yang lain dilihat dari segi biaya yang tidak begitu besar serta tidak adanya efek samping zat beracun (Blais dkk., 2000). Metode adsorpsi umumnya berdasar interaksi ion logam dengan gugus fungsional yang ada pada permukaan adsorben melalui interaksi pembentukan kompleks dan biasanya terjadi pada permukaan padatan yang kaya gugus fungsional seperti  $-OH$ ,  $-NH$ ,  $-SH$  dan  $-COOH$  (Stum dan Morgan, 1996).

Pada penelitian Legrouri dkk. (2017) karbon aktif (MP250) yang dimodifikasi dengan  $H_3PO_4$  80 % dan diaktivasi dengan *furnace* 500 °C. Karbon aktif yang dihasilkan dapat mengadsorpsi dengan pH optimum logam Cr (VI) dan Pb (II) yaitu pH 1,3 dan 3,8. Hal ini dikarenakan pada kisaran pH 1-6, ion kromium terdapat beberapa jenis ionik kromium dalam larutan seperti  $Cr_2O_7^{2-}$ ,  $HCrO_4^-$ , dan  $Cr_3O_{10}^{2-}$  atau  $Cr_4O_{13}^{2-}$  yang  $HCrO_4^-$  (Covarrubias dkk., 2005 dalam Legrouri dkk., 2017) tetapi  $HCrO_4^-$  bentuk anionik yang dominan karena berada diantara pH 1,0 dan 4,0. Bentuk ion ini ditemukan lebih disukai teradsorpsi pada permukaan karbon.



Gambar 2.1. Spesies logam kromium terhadap pH dilarutan

Pada ion Pb (II) nilai  $\text{pH} < 3$  terjadi protonasi yang berlebih pada permukaan karbon sehingga terjadi penurunan adsorpsi Pb (II) ( $\text{M}^{2+}$ ) (Ghaedi dan Mosallanejad, 2013). Ion logam divalen ( $\text{M}^{2+}$ ) dapat ditemukan dalam air berbagai bentuk seperti  $\text{M}^{2+}$ ,  $\text{M}(\text{OH})^{+1}$ ,  $\text{M}(\text{OH})_2^0$ ,  $\text{M}(\text{OH})_3^{-1}$ , dll (Bryant dkk., 2012 dalam Legrouri dkk., 2017).



**Gambar 2.2.** Spesies logam timbal terhadap pH dilarutan (Bradl, 2004)

Menurut Penelitian yang dilakukan oleh Abdulaziz dan Esmail (2016) karbon aktif yang dimodifikasi dengan prekursor  $\text{H}_3\text{PO}_4$  konsentrasi 85 % untuk adsorpsi logam Pb (II) memiliki waktu optimum selama 240 menit, pH 6 pada larutan logam dan massa adsorben 15 g/L dengan konsentrasi logam 50 ppm. Adapun penelitian lain seperti karbon aktif dari batang pohon pisang untuk penyerapan ion logam Cr (VI) pada air limbah industri. Kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 33,333 mg/g sehingga dapat menyerap logam Cr (VI) sebesar 34,905 % (Muna, 2011).

## BAB III DASAR TEORI

### 3.1. Tumbuhan Pisang

Pisang adalah nama umum yang diberikan pada tumbuhan raksasa berdaun besar memanjang dari suku *Musaceae*. Beberapa jenisnya (*Musa acuminata*, *M. balbisiana*, *M. paradisiaca*) menghasilkan buah konsumsi yang dinamakan sama. Buah ini tersusun dalam tandan dengan kelompok-kelompok tersusun menjari, yang disebut sisir. Hampir semua buah pisang memiliki kulit berwarna kuning ketika matang, meskipun ada beberapa yang berwarna jingga, merah, hijau, ungu, atau bahkan hampir hitam. Buah pisang sebagai bahan pangan merupakan sumber energi (karbohidrat) dan mineral, terutama kalium (Murtiningsih dkk., 1991). Adapun klasifikasi pisang (*Musa paradisiaca formatypica*) menurut Tjitrosoepomo (2001) :

Kerajaan	:	Plantae
Devisi	:	Magnoliophyta
Kelas	:	Liliosida
Ordo	:	Zingiberales
Famili	:	Musaceae
Genus	:	Musa
Species	:	Musa paradisiaca formatypica



Wiwaha (2007) mengatakan beberapa jenis pisang yang terdapat di Indonesia antara lain:

- a. Pisang yang dimakan buahnya tanpa di masak yaitu Pisang Cavendish, Pisang Ambon, Pisang Susu, Pisang Raja, Pisang Cavendish, Pisang Barangan dan Pisang Mas.
- b. Pisang yang dimakan setelah buahnya dimasak yaitu Pisang Nangka, Pisang Tanduk dan Pisang Kepok.
- c. Pisang yang berbiji yaitu Pisang Batu dan Pisang Klutuk.
- d. Pisang yang diambil seratnya yaitu Pisang Manila (abacca).

### 3.1.1. Tandan Pisang

Tandan pisang merupakan salah satu bagian tumbuhan pisang yang menyatu dengan buah. Panjang pendeknya tandan pisang bergantung kepada jenisnya pisang, kesuburan tanah. Besar kecilnya buah tidak dapat ditentukan oleh letaknya. Pada umumnya buah pada sisir bagian bawah berukuran agak kecil. Buah pada sisir pertamanya lebih besar daripada buah lainnya (Rismunandar, 1986).



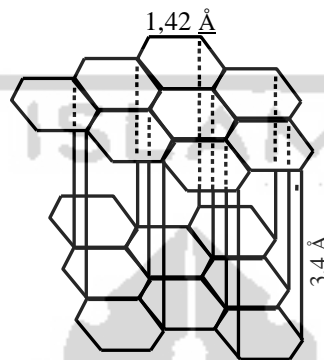
**Gambar 3.1.** Tandan pisang beserta buahnya

Menurut Balai Penelitian dan Pengembangan Industri (2008), tandan pisang banyak mengandung selulosa (8,30%), hemiselulosa (21,33%) dan lignin (19,06%). Hasil elemental analisis dari tandan pisang memperlihatkan bahwa tandan pisang terdiri dari karbon (41,75%), hydrogen (5,10%), nitrogen (1,23%), sulfur (0,18%), dan oksigen (51,73%) serta fix karbonnya ( $5,95 \pm 4,98\%$ ), sedangkan kadar selulosa dari batang pisang kering sekitar 50%. Kandungan karbon yang dimiliki tandan pisang cukup tinggi, oleh karena itu komoditas ini dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif (Husni dkk.,2004).

### **3.2. Karbon Aktif**

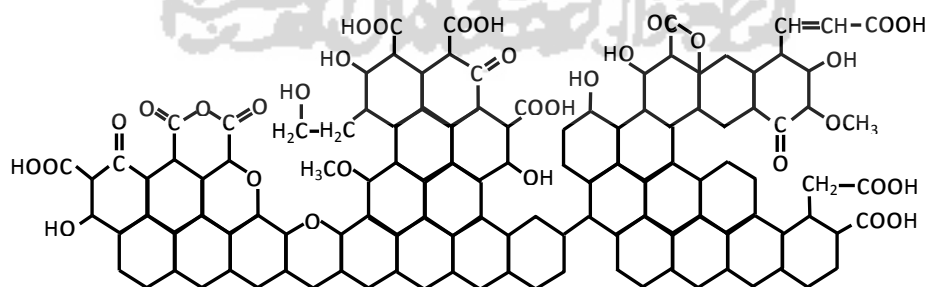
Pertama kali karbon aktif diketahui secara komersil karena penggunaannya sebagai “topeng uap” pada Perang Dunia I. Namun, pada abad ke-15 sudah diketahui bahwa karbon hasil dekomposisi kayu dapat menyingkirkan bahan berwarna dan pada abad ke-17 penerapan secara komersil arang kayu digunakan dalam sebuah pabrik gula di Inggris (Austin, 1996). Istilah karbon aktif dalam pengertian umum merupakan suatu karbon yang mampu mengadsorpsi baik dalam fase cair maupun dalam fase gas. Bahan baku utama biasanya berasal dari hewan, tumbuh-tumbuhan, limbah ataupun mineral yang mengandung karbon dapat diubah menjadi karbon aktif antara lain tulang, kayu lunak, sekam, tongkol jagung, tempurung kelapa, sabut kelapa, ampas penggilingan tebu, ampas pembuatan kertas, serbuk gergaji, kayu keras, dan batubara (Sembiring dan Sinaga, 2003). Kandungan karbon setelah dikarbonisasi identik dengan berat arang (Trihendrardi, 1997).

Karbon aktif umumnya berbentuk kristal mikro karbon grafit yang porinya telah mengalami pengembangan kemampuan untuk mengadsorpsi gas dan uap dari campuran gas dan zat-zat yang tidak larut atau yang terdispersi dalam cairan (Murdiyanto, 2005).



**Gambar 3.2.** Struktur grafit karbon aktif (Murdiyanto, 2005).

Menurut Hessiter (1951) karbon aktif merupakan karbon-karbon yang berbentuk amorf yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas serta memiliki permukaan dalam (*internal surface*) sehingga mempunyai kemampuan daya serap yang baik. Keaktifan untuk menyerap tergantung pada jumlah senyawa karbonnya yang berkisar antara 85-95 % karbon bebas.



**Gambar 3.3.** Struktur kimia karbon aktif (Sudibandriyo, 2003)

Karbon aktif adalah karbon yang mampu mengadsorpsi anion, kation, dan molekul dalam bentuk senyawa organik dan anorganik, baik sebagai larutan


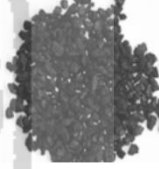

maupun gas, serta mempunyai sifat penyerapan yang selektif, yaitu lebih menyukai bahan-bahan non polar daripada bahan polar (Pari, 1996).

Setiap karbon aktif terdapat beberapa jenis yang memiliki kandungan abu dan komposisinya bermacam-macam. Adsorpsi elektrolit dan elektrolit oleh karbon aktif dari larutan juga dipengaruhi oleh adanya sejumlah kecil abu. Adanya oksigen dan hidrogen mempunyai pengaruh besar pada sifat-sifat karbon aktif. Elemen-elemen ini berkombinasi dengan atom-atom karbon membentuk gugus-gugus fungsional tertentu. Gugus yang biasanya terdapat pada permukaan karbon adalah gugus karboksilat, gugus hidroksifenol, gugus quinon tipe karbonil, normal lakton, lakton tipe fluoresin dan asam karboksilat antihidrat dan peroksida siklis (Cheremisinoff dan Morresi, 1978).

Karbon aktif dikenal mempunyai daya adsorpsi fisik terkuat tertinggi dari seluruh materi. Berbeda dengan karbon yang dibuat untuk keperluan menulis pada pensil dimana karbon dibuat sepadat mungkin, karbon aktif dibuat supaya mempunyai pori-pori yang sebesar dan sebanyak mungkin. Bahkan 1 gram karbon aktif mempunyai luas permukaan yang hampir sama dengan luas 2 lapangan tenis. Adapun berbagai kegunaan berhubungan dengan pemurnian pada industri pakaian, tekstil dan perawatan pribadi (Sembiring dan Sinaga, 2003). Perbedaan mendasar arang dengan arang aktif adalah bentuk pori-porinya. Pori-pori arang aktif lebih besar dan bercabang serta berbentuk zig-zag. Karbon aktif bersifat multifungsi, selain media meningkatkan kualitas lingkungan juga pori-porinya sebagai tempat tinggal ideal bagi mikroba termasuk mikroba pendegradasi sumber pencemar seperti residu pestisida dan logam berat tertentu (Prabowo, 2009).

Menurut Martin (2008) karbon aktif dapat diklasifikasi berdasarkan bentuknya seperti pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1.** Klasifikasi karbon berdasarkan bentuknya

Jenis Karbon Aktif	Ukuran (mm)	Kegunaan	Bentuk
<i>Powdered Activated Carbon (PAC)</i>	< 0,18	Digunakan pada fasa gas	
<i>Granular Activated Carbon (GAC)</i>	0,2 - 5	Digunakan pada fasa cair dan gas	
<i>Extruded Activated Carbon (EAC)</i>	0,8 - 5	Digunakan pada fasa gas	

Karbon aktif memiliki banyak fungsi sebagai zat penghilang warna, rasa dan bau seperti pemurni pada pengolahan makanan, kosmetik, dan farmasi. Pada proses pengolahan air, karbon aktif berfungsi untuk menghilangkan polutan seperti seng (Zn), timbal (Pb), kuprum (Cu), krom (Cr), besi (Fe), dan uap amonia (NH<sub>4</sub>) (Murti,2008). Karbon aktif juga berfungsi dalam pemurnian gas seperti dengan cara desulfurisasi dan menyerap gas beracun dan bau busuk. Selain itu, karbon aktif juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan gas hidrogen dan gas metana (*adsorptive gas storage*). Karbon aktif mempunyai kemampuan adsorpsi yang lebih tinggi daripada pengadsorpsi lain seperti resin (Prabowo, 2009). Berdasarkan SII No. 0258-79 karbon aktif yang memiliki kualitas mutu yang baik dapat dilihat pada Tabel 3.2.

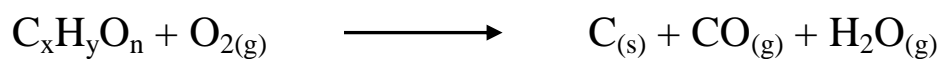
**Tabel 3.2.** Persyaratan karbon aktif berdasarkan SII No.0258-79

Jenis	Persyaratan
Bagian yang hilang pada pemanasan	Maksimum 15 %
Air	Maksimum 10 %
Abu	Maksimum 2,1 %
Daya Serap terhadap Iod	Minimum 20 %

(Sumber: Sembiring dan Sinaga, 2003).

Karbon aktif dapat dibuat melalui dua tahap, yaitu tahap karbonasi dan aktivasi (Kvech dan Tull, 1998). Karbonasi merupakan proses pengarangangan dalam ruangan tanpa adanya oksigen dan bahan kimia lainnya, sedangkan aktivasi diperlukan untuk mengubah hasil karbonisasi menjadi adsorben yang memiliki luas permukaan yang besar (Jankowska dkk., 1991). Aktivasi adalah perlakuan terhadap karbon yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul permukaan sehingga karbon mengalami perubahan sifat, baik fisika atau kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi. Berdasarkan ukuran porinya, ukuran pori karbon aktif diklasifikasikan menjadi 3, yaitu mikropori (diameter < 2 nm), mesopori (diameter 2 – 50 nm), dan makropori (diameter > 50 nm) (Kustanto, 2000). Karbon aktif dapat diaktivasi cara aktivasi kimia dengan hidroksida logam alkali, garam-garam karbonat, klorida sulfat dari logam alkali dan khususnya  $ZnCl_2$ , asam-asam organik seperti  $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$ , dan aktivasi fisika merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan panas pada suhu 800-900 °C (Singgih dan Ratnawati, 2010).

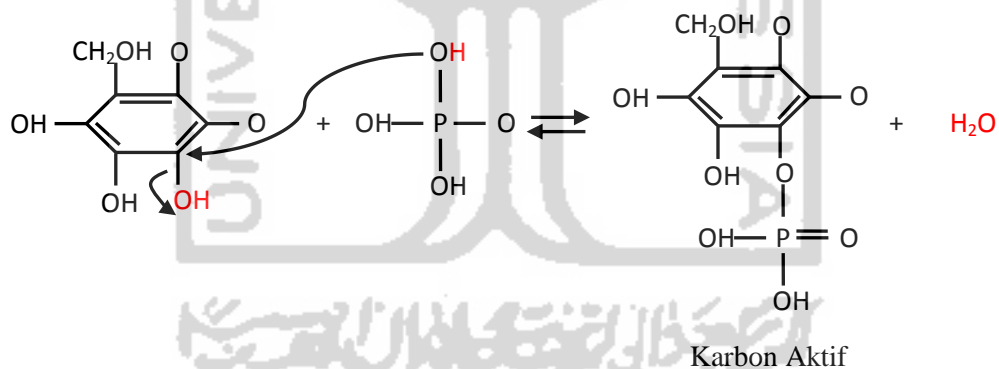
Pada mekanisme pembuatan karbon aktif, karbon dihasilkan dari pembakaran selulosa dari tandan pisang pisang yang tidak sempurna seperti pada Gambar 3.4.



**Gambar 3.4.** Reaksi pembakaran menjadi karbon

Pembakaran yang tidak sempurna akan menghasilkan produk berupa CO, H<sub>2</sub>O dan C. Unsur C ini yang dihasilkan selanjutnya diaktivasi. Tujuan dari aktivasi tersebut adalah memperbesar pori-pori yang tertutup sehingga memperbesar daya serapnya (Adinata, 2013).

Mekanisme reaksi aktivasi karbon untuk menghasilkan karbon aktif ditunjukkan pada Gambar 3.5.

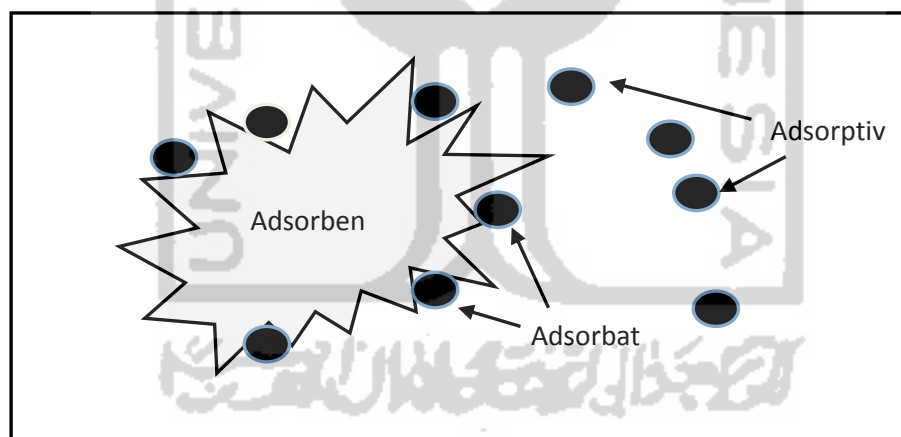


**Gambar 3.5.** Reaksi aktivasi antara arang dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (Bezzera dkk., 2015)

Pada mekanisme diatas prinsip terjadinya adsorpsi yaitu campuran yang akan dipisahkan berkontak dengan fase yang tak larut lainnya antara fase adsorpsi pada permukaan padat dan lapisan fluida akan terjadi pemisahan. Proses pemisahan ini terjadi diakibatkan perbedaan molekul atau berat molekul. Proses regenerasi dari adsorben dapat pula dilakukan untuk mendapatkan konsentrasi adsorbat yang tinggi (Sri Sulastri, 2005 dalam Adinata, 2013).

### 3.3. Adsorpsi

Adsorpsi adalah sebuah proses yang terjadi ketika molekul dari zat cair atau gas terakumulasi pada suatu permukaan padatan/cairan, sehingga membentuk suatu lapisan tipis yang terbentuk dari molekul-molekul atau atom (Suryawan, 2004). Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang. Adanya gaya ini, padatan cenderung menarik molekul-molekul lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas atau fasa larutan kedalam permukaannya. Akibatnya konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar dari pada dalam fasa gas zat terlarut dalam larutan. Pada adsorpsi interaksi antara adsorben dengan adsorbat hanya terjadi pada permukaan adsorben (Tandy, 2012).



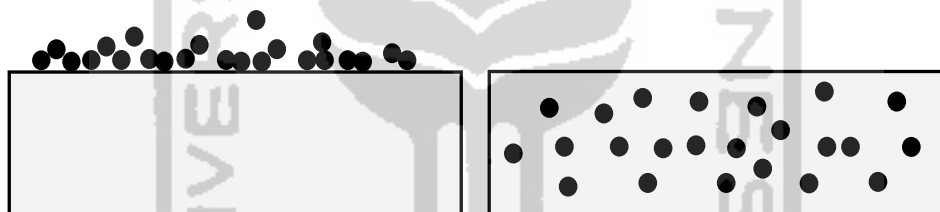
**Gambar 3.6.** Proses adsorpsi

Molekul-molekul pada adsorben mempunyai gaya dalam keadaan tidak seimbang dimana gaya kohesi cenderung lebih besar daripada gaya adhesi. Gaya kohesi adalah gaya tarik menarik antar molekul yang sama jenisnya, gaya ini menyebabkan antara zat yang satu dengan zat yang lainnya tidak dapat terikat karena molekulnya saling tolak-menolak. Gaya adhesi adalah gaya tarik-menarik



antar molekul yang berbeda jenisnya, gaya ini menyebabkan antara zat yang satu dengan zat yang lainnya dapat terikat dengan baik karena molekulnya saling tarik-menarik. Ketidaksetimbangan gaya-gaya tersebut menyebabkan adsorben cenderung menarik zat-zat lain atau gas yang bersentuhan dengan permukaan (Perwitasari, 2007).

Proses adsorpsi dapat digambarkan sebagai proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat adsorpsi kimia dan adsorpsi fisika (Reynolds, 1982). Proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain konsentrasi, massa adsorben, luas permukaan, suhu, ukuran partikel dan waktu kontak (Suprihatin dan Indrasti, 2010).



**Gambar 3.7.** Ilustrasi adsorpsi fisika (kiri) dan adsorpsi kimia (kanan) (Chodijah, 2011)

### 3.3.1. Adsorpsi Fisika

Adsorpsi fisika berhubungan dengan gaya van der Waals. Jika daya tarik menarik antara zat terlarut dengan adsorben lebih besar dari daya tarik menarik antara zat terlarut dengan pelarutnya, maka zat yang terlarut akan diadsorpsi pada permukaan adsorben. Adsorpsi ini biasanya terjadi pada temperatur rendah pada proses ini gaya yang menahan molekul fluida pada permukaan solid relatif lemah, dan besarnya sama dengan gaya kohesi molekul pada fase cair (gaya van der Waals) mempunyai derajat yang sama dengan panas kondensasi dari gas menjadi cair, yaitu sekitar 2,19-21,9 kJ/mol (Atkins, 1999).

### 3.3.2. Adsorpsi kimia

Terjadi dalam bentuk reaksi kimia, membutuhkan energi aktivasi. Kalor penyerapan tinggi karena reaksi-reaksi yang membentuk reaksi kimia. Waktu penyerapan lebih lama dari adsorpsi fisika dan sulit diregenerasi. Pada peristiwa reaksi satu arah, zat-zat hasil reaksi tidak dapat bereaksi kembali membentuk zat pereaksi. Reaksi berlangsung satu arah dari kiri ke kanan. Zat hasil reaksi tidak dapat dikembalikan seperti zat mula-mula. Reaksi baru berhenti apabila salah satu atau semua reaktan habis (Atkins, 1999). Ciri-ciri adsorpsi kimia sebagai berikut:

1. Interaksi antara adsorbat dan adsorben berupa ikatan kovalen.
2. Proses adsorpsi memerlukan energi aktivasi yang besar.
3. Panas adsorpsi yang dikeluarkan  $50 < \Delta H < 800$  kJ/mol.
4. Proses adsorpsi reversibel pada temperatur tinggi

### 3.3.3. Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi merupakan fungsi konsentrasi zat terlarut yang terserap pada padatan terhadap konsentrasi larutan. Menurut Adamson (1990) isoterm adsorpsi merupakan proses adsorpsi yang terjadi pada permukaan dengan sisi adsorpsi dan energi yang sama, dengan satu molekul yang terserap sisi adsorpsi sampai menutup satu lapisan permukaan adsorben. Persamaan yang dapat digunakan untuk menjelaskan data percobaan isoterm dikaji oleh Freundlich, Langmuir, serta Brunauer, Emmet dan Teller (BET). Tipe isoterm adsorpsi yang dapat digunakan untuk mempelajari mekanisme adsorpsi-adsorpsi fase cair-padat pada umumnya menganut tipe adsorpsi Freundlich dan Langmuir (Atkins, 1999).

### 3.3.3.1. Isoterm Langmuir

Pada tahun 1918, Langmuir menurunkan teori isoterm adsorpsi dengan menggunakan model sederhana berupa padatan yang mengadsorpsi gas ada permukaannya. Model ini mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (*monolayer*) adsorbat di permukaan adsorben (Mulyana dkk., 2003). Menurut Alvarez dkk. (2007) persamaan isoterm Langmuir non-linear dapat ditulis pada persamaan 1.

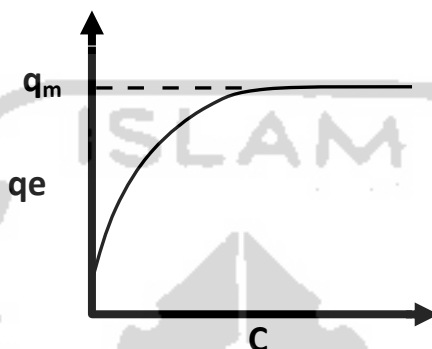
$$q_e = \frac{Q_m k_L C_e}{1 + k_L C_e} \quad (1)$$

Konstanta  $Q_m$  dan  $k_L$  merupakan karakteristik dari persamaan Langmuir dan dapat ditentukan dari bentuk persamaan linear. Isoterm Langmuir berlaku untuk penyerapan *monolayer* karena permukaan dengan jumlah yang terbatas dari tempat yang identik. Menurut Mousavi dan Seyedi (2010) persamaan Langmuir linear terdapat 4 tipe seperti pada Tabel 3.3.

**Tabel 3.3.** Jenis-jenis isoterm Langmuir linear

Tipe	Persamaan Linear	Plot	Slope	Intersep
Langmuir-1	$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{kLQ_m} + \frac{C_e}{Q_m}$	$\frac{C_e}{q_e}$ Vs $C_e$	$\frac{1}{Q_m}$	$\frac{1}{kL Q_m}$
Langmuir-2	$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{kLQ_m C_e} + \frac{1}{Q_m}$	$\frac{1}{q_e}$ Vs $\frac{1}{C_e}$	$\frac{1}{kL Q_m}$	$\frac{1}{Q_m}$
Langmuir-3	$q_e = Q - \left(\frac{1}{kL}\right) \frac{q_e}{C_e}$	$q_e$ Vs $\frac{q_e}{C_e}$	$\frac{1}{kL}$	$Q_m$
Langmuir-4	$\frac{q_e}{C_e} = kL Q_m - kL q_e$	$\frac{q_e}{C_e}$ VS $q_e$	$kL$	$kL Q_m$

Dalam 4 jenis isoterm Langmuir, nilai  $C_e$  adalah konsentrasi (mg/L),  $q_e$  adalah jumlah yang teradsorpsi pada kesetimbangan (mg/g),  $Q_m$  adalah konstan Langmuir berdasarkan kapasitas adsorpsi (mg/g) dan  $kL$  adalah konstan Langmuir yang berhubungan dengan energi adsorpsi (Mousavi dan Seyedi, 2010).



**Gambar 3.8.** Kurva adsorpsi isoterm Langmuir (Goldberg, 2007)

Pada Gambar 3.8.  $C_e$  merupakan konsentrasi adsorbat dalam larutan,  $q_e$  adalah konsentrasi adsorbat yang terjerap per gram adsorben,  $k$  adalah konstanta yang berhubungan dengan afinitas adsorpsi dan  $q_m$  adalah kapasitas adsorpsi maksimum dari adsorben (Alvarez-ayuso dkk., 2007).

Persamaan isoterm adsorpsi Langmuir awalnya diturunkan dari adsorpsi gas oleh padatan berdasarkan asumsi-asumsi berikut (Khan, 1980) :

1. Energi adsorpsi adalah konstan dan tidak tergantung pada muatan permukaan
2. Adsorpsi terjadi pada situs aktif yang terlokalisasi dan tidak ada interaksi antar molekul adsorbat
3. Adsorpsi maksimum yang mungkin, terjadi pada lapis tunggal yang sempurna.

### 3.3.3.2. Isoterm Freundlich

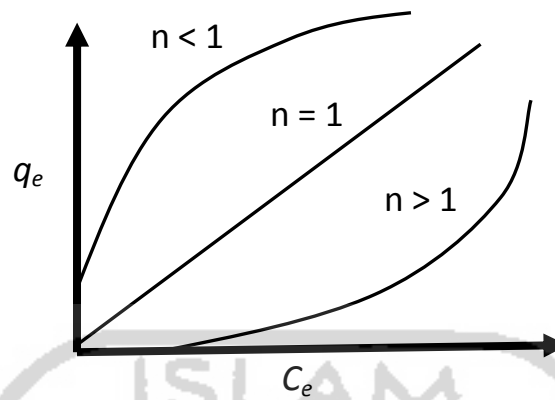
Model isoterm Freundlich menjelaskan tentang proses adsorpsi pada bagian permukaan yang heterogen sehingga tidak semua permukaan adsorben mempunyai daya adsorpsi. Model isoterm Freundlich merupakan *multilayer* yaitu lapisan adsorbat yang terbentuk pada permukaan adsorben. Hal tersebut berkaitan dengan ciri-ciri dari adsorpsi secara fisika dimana adsorpsi dapat terjadi pada banyak lapisan (*multilayer*) (Husin dan Rosnelly, 2005). Bentuk persamaan Freundlich dapat dilihat pada persamaan 2.

$$q_e = K_f \cdot C_e^{1/n} \quad (2)$$

Dimana  $q_e$  adalah jumlah adsorbat yang terserap tiap satuan berat adsorben (mg/g),  $C_e$  adalah konsentrasi setimbang adsorbat dalam fase larutan (mg/L),  $K_f$  dan  $n$  adalah konstanta empiris yang tergantung pada sifat padatan, adsorben dan suhu (Soeprijanto dkk., 2006 dalam Supriyanto, 2014). Nilai konstanta  $K_f$  dan  $n$  dapat ditentukan dengan menggunakan rumus linierisasi persamaan 3.

$$\log (q_e) = \log (K_f) + 1/n \log (C_e) \quad (3)$$

Selain itu, nilai  $K_f$  dan  $n$  dapat dicari dengan membuat kurva  $\ln (C_e)$  versus  $\ln (q_e)$ .  $K_f$  didapat dari titik potong dengan sumbu tegak dan  $n$  dari tangen arah garis lurus yang terbentuk. Koefisien  $K_f$  sering dikaitkan dengan kapasitas adsorpsi adsorben sehingga mencerminkan jumlah rongga dalam adsorben tersebut (Singh dan Alloway, 2006).

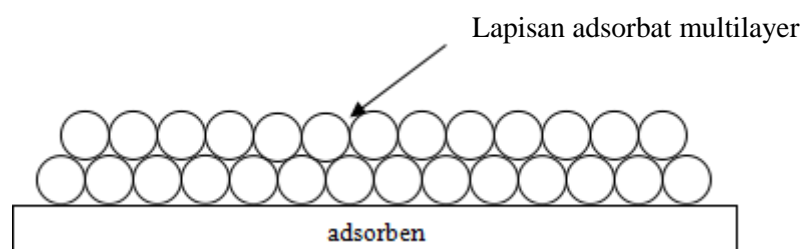


**Gambar 3.9.** Kurva adsorpsi isoterm Freundlich (Singh dan Alloway, 2006)

### 3.3.3.3. Isoterm Brunauer Emmet Teller (BET)

Teori *Brunauer-Emmet-Teller* (BET) bertujuan untuk menjelaskan fisik adsorpsi dari gas molekul pada padat permukaan dan berfungsi sebagai dasar untuk teknik analisis penting untuk pengukuran luas permukaan spesifik material. Pada tahun 1938, Stephen Brunauer, Paul Hugh Emmett dan Edward Teller menerbitkan artikel pertama tentang teori BET dalam *Journal of American Chemical Society* (McMillan dan Teller, 1951).

Isoterm ini sebenarnya hampir sama seperti isoterm Langmuir, tetapi BET berasumsi bahwa molekul-molekul adsorbat bisa membentuk lebih dari satu lapisan adsorbat di permukaannya (Kim, 2000).



**Gambar 3.10.** Pendekatan isoterm adsorpsi BET

Pembentukan lapisan molekul kedua dan lapisan molekul berikutnya akan mulai pada tekanan dibawah tekanan yang diperlukan untuk menyelesaikan lapisan *monolayer*, sehingga tidak bisa dengan segera ditentukan dengan jelas berapa kapasitas *monolayer* dari isoterm ekperimental. Untuk itulah teori Brunauer, Emmet dan Teller (BET) mengembangkan model isoterm sederhana untuk menghitung adsorpsi *multilayer* dan model ini digunakan untuk mengetahui kapasitas *monolayer*. Selain itu, teori ini juga dapat digunakan untuk menentukan luas permukaan yang spesifik (Zulfa, 2011). Menurut Zulfa (2011) teori BET dilandasi oleh beberapa hal, antara lain:

1. Molekul dapat teradsorpsi pada permukaan zat padat hingga beberapa lapis. Teori ini lebih umum dari teori adsorpsi satu molekul dari Langmuir.
2. Dianggap juga tidak ada interaksi antar molekul gas yang teradsorpsi pada permukaan zat padat.
3. Teori adsorpsi satu lapis dari Langmuir dapat diterapkan untuk masing-masing lapis gas.

Dengan teori tersebut BET memiliki persamaan umum yang menerangkan keadaan molekul yang teradsorpsi pada permukaan zat padat.

$$\frac{1}{V\left[\left(\frac{P}{P_0}\right)-1\right]} = \frac{c-1}{Vmc} \left(\frac{P}{P_0}\right) + \frac{1}{Vmc} \quad (4)$$

dimana, P adalah nilai tekanan keseimbangan,  $P_0$  sebagai tekanan dalam kondisi saturasi, V sebagai volume gas yang mengalami adsorpsi,  $V_m$  sebagai volume gas yang mengalami adsorpsi pada satu lapis dan c merupakan Konstanta BET (Rokayah, 2016). Persamaan konstanta BET dapat ditulis seperti persamaan 5:

$$c = \exp \left[ \frac{EI - EL}{RT} \right] \quad (5)$$

dimana, EI merupakan kalor adsorpsi lapisan pertama, EL sebagai kalor lebur, R merupakan konstanta *Boltzmann* ( $1,38 \times 10^{-23}$  J/K) dan T merupakan suhu (Rokayah, 2016).

Plot dalam BET merupakan kurva dengan sumbu x adalah  $P/P_0$  dan sumbu y adalah  $\frac{1}{V \left[ \left( \frac{P}{P_0} \right) - 1 \right]}$ , maka terbentuk kurva suatu garis datar. Dari Persamaan 4 kemiringan kurva sama dengan  $\frac{c-1}{V_{mc}}$ , dan titik potong kurva dengan sumbu tegak sama dengan  $\frac{1}{V_{mc}}$ . Dari kedua nilai tersebut dapat ditentukan nilai c dan  $V_m$  (Abdullah dan Khairurrijal, 2009 dalam Rokayah, 2016). Dari nilai  $V_m$ , maka dapat dihitung nilai luas permukaan total sampel pada persamaan 6.

$$St = \frac{V_m \cdot N}{M} A \quad (6)$$

dimana, St adalah luas permukaan total, N merupakan Bilangan Avogadro ( $6,02 \times 10^{23}$  molekul/mol), M merupakan massa molekul dan  $A = \text{Cross sectional}$  ( $1,62 \times 10^{-19}$  m<sup>2</sup>) (Rokayah, 2016). Menurut Prasadjo (2010) IUPAC mengklasifikasikan adsorpsi isoterms ke dalam enam jenis kurva seperti gambar berikut:

a. Tipe I

Tipe ini disebut *Langmuir Isotherm*, menggambarkan adsorpsi satu lapis (*monolayer*). Banyaknya adsorbat mendekati harga pembatas saat  $P/P_0$ . Tipe ini biasanya diperoleh dari adsorben berpori mikropori. Kurva ini biasanya diperoleh dari adsorben karbon aktif dan zeolit *molecular sieve*.



b. Tipe II

Jenis ini adalah bentuk normal isoterm pada adsorben tak berpori (nonpori) atau padatan berpori besar (makropori) dengan ukuran lebih besar dari 50 nm yang menunjukkan adsorpsi *monolayer* - *multilayer*. Titik B yang ditunjukkan pada Gambar 3.11. menunjukkan kondisi awal tahap linear dari isoterm, biasanya digunakan untuk mengindikasikan tekanan relatif saat pelapisan *monolayer* selesai.

c. Tipe III

Jenis ini menunjukkan tipe kuantitas adsorben semakin tinggi saat tekanan relatif bertambah. Tidak adanya titik B seperti pada jenis kedua disebabkan karena interaksi adsorbat-adsorbat yang lebih kuat dibanding adsorben-adsorben. Sama seperti tipe II, jumlah lapisan pada permukaan adsorben tidak terbatas (*multilayer*).

d. Tipe IV

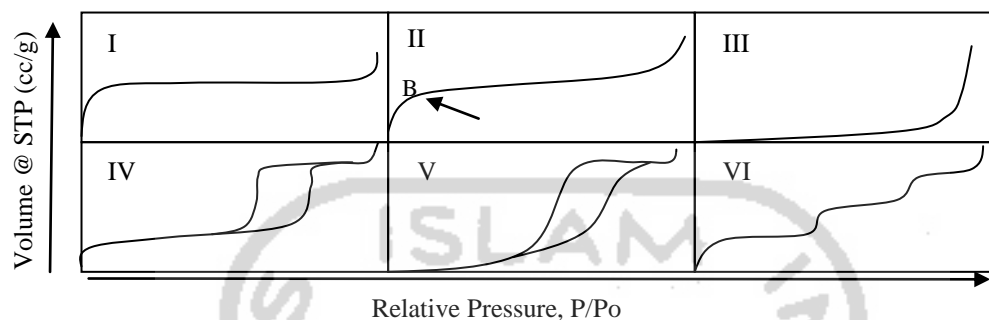
Jenis ini hampir sama dengan tipe II pada rentang tekanan relatif rendah sampai menengah. Volume terbesar adsorbat yang teradsorpsi dapat dihitung dari *capillary condensation* yang telah sempurna mengisi pori. Kurva jenis ini dihasilkan dari padatan adsorben berukuran mesopori (2-50 nm).

e. Tipe V

Jenis ini hampir sama dengan tipe III, dihasilkan dari interaksi yang rendah antara adsorben dengan adsorbat. Tipe V ini juga ditunjukkan oleh pori dengan ukuran sama seperti tipe IV.

f. Tipe VI

Tipe ini mengindikasikan permukaan adsorben yang memiliki struktur pori yang sangat beragam (*extremely homogeneous*).



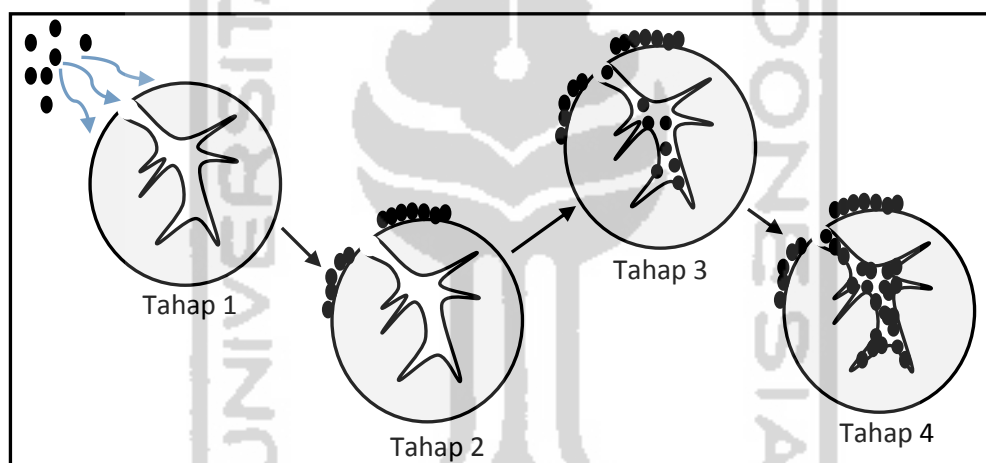
**Gambar 3.11.** Kurva adsorpsi isoteremis BET (Prasodjo, 2010)

### 3.3.4. Mekanisme Adsorpsi

Dalam mekanisme adsorpsi terdapat dua jenis adsorpsi, yaitu adsorpsi secara fisika (fisisorpsi) dan secara kimia (kemisorpsi). Pada proses fisisorpsi, interaksi yang terjadi antara adsorbat dan adsorben adalah gaya van der Waals. Molekul yang terikat lebih lemah dan energi yang dilepaskan relatif rendah, sekitar 20 kJ/mol. Di sisi lain, pada proses kemisorpsi, interaksi adsorbat dan adsorben tersedia melalui pembentukan ikatan yang lebih kuat. Kemisorpsi terjadi diawali dengan adsorpsi fisik, yaitu partikel-partikel adsorbat mendekat ke permukaan adsorben melalui gaya van der Waals atau melalui ikatan hidrogen, kemudian diikuti oleh adsorpsi kimia berupa pembentukan ikatan yang lebih kuat (ikatan kovalen), dengan energi yang dilepaskan relatif tinggi, sekitar 100 kJ/mol (Atkins, 1999).

Proses adsorpsi tergantung pada sifat zat padat yang mengadsorpsi, sifat atom/molekul yang diserap, konsentrasi, temperatur dan lain-lain. Pada proses adsorpsi terbagi menjadi 4 tahap menurut Reynolds (1982) yaitu:

1. Transfer molekul-molekul zat terlarut yang teradsorpsi menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben.
2. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui lapisan film (*film diffusion process*).
3. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui kapiler/pori dalam adsorben (*pore diffusion process*). Adsorpsi zat terlarut yang teradsorpsi pada dinding pori atau permukaan adsorben (proses adsorpsi sebenarnya).
4. Adsorpsi zat terlarut yang teradsorpsi pada dinding pori atau permukaan adsorben (proses adsorpsi sebenarnya).



**Gambar 3.12.** Tahap-tahap mekanisme adsorpsi (Reynolds, 1982)

### 3.4. Logam Berat

Logam berat adalah unsur yang mempunyai densitas lebih besar dari  $5 \text{ g.cm}^{-3}$  dengan nomor atom 22 sampai dengan 92. Di lingkungan apabila logam berat mencemari dengan tingkat pencemaran yang tinggi dapat berdampak buruk bagi kesehatan manusia. Keberadaan logam berat di alam dapat berasal dari proses yang terjadi secara alami seperti pengendapan, pembusukan tumbuhan dan hewan yang telah mati, ataupun logam berat yang berasal dari proses industri

(Sulistyowati, 2005). Faktor yang menyebabkan logam berat termasuk dalam kelompok zat pencemar adalah karena adanya sifat-sifat logam berat yang tidak dapat terurai (non degradable) dan mudah diabsorpsi (Darmono, 1995).

Menurut Vouk (1986) yang mengatakan bahwa terdapat 80 jenis dari 109 unsur kimia bumi ini yang telah teridentifikasi sebagai jenis logam berat. Berdasarkan ilmu toksikologi, logam berat ini dapat dibagi dalam dua jenis, yaitu:

1. 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, Mn dan lain sebagainya.
2. 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, Cr dan lain-lain.

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 (Sembiring, 2008 dalam Purnomo dkk., 2012).

#### **3.4.1. Logam Timbal (Pb)**

Fardiaz (1995) mengemukakan bahwa timbal mempunyai berat atom 207,21 g/mol, massa jenis 11,34 g/cm<sup>3</sup>, bersifat lunak serta berwarna biru atau silver abu-abu dengan kilau logam, nomor atom 82 mempunyai titik leleh

327,4 °C dan titik didih 1620 °C. Timbal termasuk logam berat "trace metals" karena mempunyai massa jenis lebih dari lima kali massa jenis air. Timbal adalah sebuah unsur yang biasanya ditemukan didalam batu-batuan, tanah, tumbuhan dan hewan (Fardiaz, 1995).

Timbal banyak dimanfaatkan oleh manusia seperti sebagai bahan pembuat baterai, amunisi, produk logam (logam lembaran, solder, dan pipa), perlengkapan medis (penangkal radiasi dan alat bedah), cat, keramik, peralatan kegiatan ilmiah/praktek (papan sirkuit/CB untuk komputer) untuk campuran minyak bahan-bahan untuk meningkatkan nilai oktan (Fardiaz, 1995).

Konsentrasi timbal di lingkungan tergantung pada tingkat aktivitas manusia, misalnya di daerah industri, di jalan raya, dan tempat pembuangan sampah. Karena timbal banyak ditemukan di berbagai lingkungan maka timbal dapat memasuki tubuh melalui udara, air minum, makanan yang dimakan dan tanah pertanian. Daya racun timbal yang akut pada perairan alami menyebabkan kerusakan hebat pada ginjal, sistem reproduksi, hati dan otak, serta sistem syaraf sentral, dan bisa menyebabkan kematian (Achmad, 2004).

#### **3.4.2. Logam Krom (Cr)**

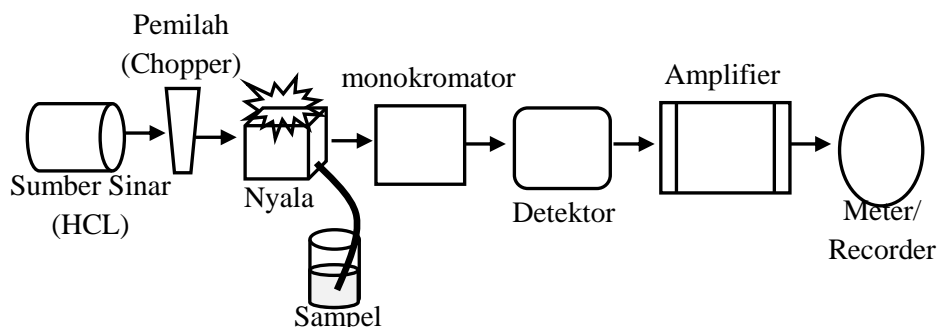
Kromium ditemukan pertama kali oleh Vagueline pada tahun 1997. Kromium merupakan logam transisi yang mempunyai konfigurasi electron  $[\text{Ar}] 4s^1 3d^5$  (Manahan, 1977), kromium memiliki nomor atom 24 dan massa atom relatif 51,996 g/mol, titik didih 2665 °C, titik leleh 1875 °C, dan jari-jari atom sebesar 128 pm (Sugiyarto, 2003).

Kromium banyak digunakan secara luas dalam penyepuhan, penyamakan kulit, pelapis kromat dan pelapis logam (Malkoc, 2007 dalam Esmaeili, 2011). Kromium mempunyai sifat tidak mudah teroksidasi oleh udara, karena itu banyak digunakan sebagai pelapis logam, pengisi *stainless steel*, lapisan perlindungan untuk mesin-mesin otomotif dan perlengkapan tertentu (Sax, 1987).

Dengan terjadinya pencemaran lingkungan, kadar unsur krom yang masuk ke dalam tubuh manusia dapat meningkat melebihi kadar normal (kadar normal: 0,05 mg/kg berat badan), baik melalui makanan maupun air minum, mencerna makanan yang mengandung kadar kromium tinggi bisa menyebabkan gangguan pencernaan, berupa sakit lambung, muntah, dan pendarahan, luka pada lambung, konvulsi, kerusakan ginjal, dan hepar, bahkan dapat menyebabkan kematian (Widowati, 2008).

### **3.5. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)**

Spektrofotometri serapan atom (SSA) merupakan teknik analisis kuantitatif dari unsur-unsur yang pemakaiannya sangat luas, di berbagai bidang karena prosedurnya selektif, spesifik, biaya analisa relatif murah, sensitif tinggi (ppm-ppb), dapat dengan mudah membuat matriks yang sesuai dengan standar, waktu analisa sangat cepat dan mudah dilakukan. Analisis SSA pada umumnya digunakan untuk analisa unsur, teknik SSA menjadi alat yang canggih dalam analisis. Hal ini disebabkan karena sebelum pengukuran tidak selalu memerlukan pemisahan unsur yang ditentukan karena kemungkinan penentuan satu logam unsur dengan kehadiran unsur lain dapat dilakukan, asalkan katoda berongga yang diperlukan tersedia (Basset, 1994).



**Gambar 3.13.** Diagram spektrofotometer serapan atom (Syamsudin, 2016)

Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) adalah suatu alat yang digunakan pada metode analisis untuk penentuan unsur-unsur logam dan metaloid yang berdasarkan pada penyerapan absorpsi radiasi oleh atom bebas. Prinsip kerja SSA adalah penyerapan sinar dari sumbernya oleh atom-atom yang di bebaskan oleh nyala dengan panjang gelombang tertentu (Ristina, 2006). Menurut Ristina (2006) prinsip kerja SSA secara lebih rinci dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Sampel analisis berupa liquid dihembuskan ke dalam nyala api *burner* dengan bantuan gas bakar yang digabungkan bersama oksidan (bertujuan untuk menaikkan temperatur)
2. Dihasilkan kabut halus
3. Atom-atom keadaan dasar yang berbentuk dalam kabut dilewatkan pada sinar dan panjang gelombang yang khas
4. Sinar sebagian diserap, yang disebut absorbansi dan sinar yang diteruskan emisi. Penyerapan yang terjadi berbanding lurus dengan banyaknya atom keadaan dasar yang berada dalam nyala. Pada kurva absorpsi, terukur besarnya sinar yang diserap, sedangkan kurva emisi, terukur intensitas sinar yang dipancarkan.

Spektrofotometri molekuler pita absorpsi inframerah dan UV-tampak yang di pertimbangkan melibatkan molekul poliatom, tetapi atom individu juga menyerap

radiasi yang menimbulkan keadaan energi elektronik tereksitasi. Spektra absorpsi lebih sederhana dibandingkan dengan spektra molekulnya karena keadaan energi elektronik tidak mempunyai sub tingkat vibrasi rotasi. Jadi spektra absorpsi atom terdiri dari garis-garis yang jauh lebih tajam daripada pita-pita yang diamati dalam spektrokopi molekul (Day dan Underwood, 2001).

### 3.6. *Fourier Transform Spectroscopy Infrared (FTIR)*

Spektrofotometer adalah alat untuk mengukur transmittan atau absorban suatu sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Sedangkan pengukuran menggunakan spektrofotometer ini, metoda yang digunakan sering disebut dengan spektrofotometri (Basset, 1994).

Metode Spektroskopi inframerah ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi suatu senyawa yang belum diketahui, karena spektrum yang dihasilkan spesifik untuk senyawa tersebut. Menurut Silverstein (2002) metode ini banyak digunakan karena:

- a. Cepat dan relatif murah
- b. Dapat digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsional dalam molekul
- c. Spektrum inframerah yang dihasilkan oleh suatu senyawa adalah khas dan oleh karena itu dapat menyajikan sebuah *fingerprint* (sidik jari) untuk senyawa tersebut.

Spektroskopi inframerah sangat berguna untuk analisis kualitatif (identifikasi) dari senyawa organik karena spektrum yang unik yang dihasilkan oleh setiap organik zat dengan puncak struktural yang sesuai dengan fitur yang berbeda. Selain itu, masing-masing kelompok fungsional menyerap sinar



inframerah pada frekuensi yang unik. Sebagai contoh, sebuah gugus karbonil, C=O, selalu menyerap sinar inframerah pada 1670-1780  $\text{cm}^{-1}$ , yang menyebabkan ikatan karbonil untuk meregangkan (Silverstein, 2002).

**Tabel 3.4.** Tabel spektra inframerah

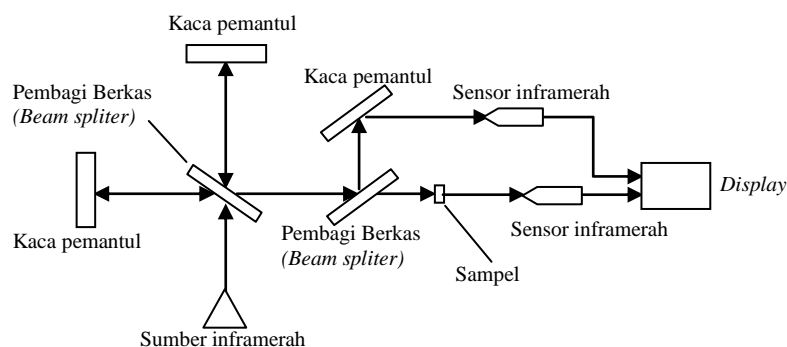
Ikatan	Tipe Senyawa	Daerah Frekuensi ( $\text{cm}^{-1}$ )
C – H	Alkana	2850 – 2970
		1340 – 1470
C – H	Alkena	3010 – 3095
		675 – 995
C – H	Alkuna	3300
C – H	Cincin aromatik	3010 – 3100
		690 - 900
O – H	Fenol, monomer alkohol, alkohol ikatan hidrogen	3590 – 3650
		3200 – 3600
		Monomer asam karboksilat, Ikatan hidrogen asam karboksilat
		3500 – 3650
		2500 – 2700
N – H	Amina, amida	3300 – 3500
C = C	Alkena	1610 – 1680
C = C	Cincin aromatik	1500 – 1600
C $\equiv$ C	Alkuna	2100 – 2260
C – N	Amina, Amida	1180 – 1360
C $\equiv$ N	Nitril	2210 – 2280
C – O	Alkohol, Eter, Asam karboksilat, Ester	1050 – 1300
C = O	Aldehid, Keton, Asam karboksilat, Ester	1690 – 1760
NO <sub>2</sub>	Senyawa nitro	1500 – 1570
		1300 – 1370

Sumber : (Skoog dkk., 1998)

Teknik spektroskopi IR digunakan untuk mengetahui gugus fungsional mengidentifikasi senyawa, menentukan struktur molekul, mengetahui kemurnian dan mempelajari reaksi yang sedang berjalan. Senyawa yang dianalisa berupa senyawa organik maupun anorganik. Hampir semua senyawa dapat menyerap

radiasi inframerah (Mudzakir, 2008). Menurut Mudzakir (2008), proses instrumen spektrofotometer analisis sampelnya meliputi :

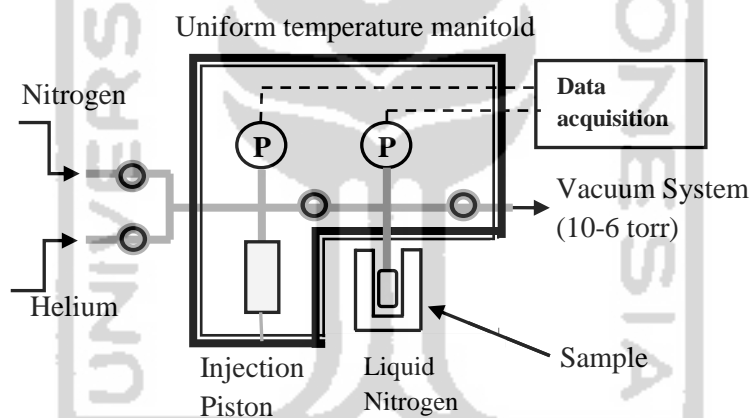
1. *The source* : dimana energy inframerah yang dipancarkan dari sebuah benda hitam menyala. Balok ini melewati melalui logam yang mengontrol jumlah energi yang diberikan kepada sampel.
2. Interferometer : sinar memasuki interferometer “*spectra encoding*” mengambil tempat, kemudian sinyal yang dihasilkan keluar dari interferogram.
3. Sampel : sinar memasuki kompartemen sampel dimana diteruskan melalui cermin dari permukaan sampel yang tergantung pada jenis analisis.
4. Detektor : sinar akhirnya lolos ke detektor untuk pengukuran akhir. Detektor ini digunakan khusus dirancang untuk mengukur sinar interferogram khusus. Detektor yang digunakan dalam Spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* adalah *Tetra Glycerine Sulphate* (disingkat TGS) atau *Mercury Cadmium Telluride* (disingkat MCT). Detektor MCT lebih banyak digunakan karena memiliki beberapa kelebihan dibandingkan detektor TGS, yaitu memberikan respon yang lebih baik pada frekuensi modulasi tinggi, lebih sensitif, lebih cepat, tidak dipengaruhi oleh temperatur, sangat selektif terhadap energi vibrasi yang diterima dari radiasi inframerah.
5. Komputer : sinyal diukur secara digital dan dikirim ke komputer untuk diolah oleh *Fourier Transformation* berada. Spektrum disajikan untuk interpretasi lebih lanjut.



**Gambar 3.14.** Skema alat spektroskopi inframerah

### 3.7. Surface Area Analyzer (SAA)

*Surface Area Analyzer (SAA)* merupakan salah satu alat dalam karakterisasi material katalis. Alat ini berfungsi untuk menentukan luas permukaan material, distribusi pori dari material dan isotherm adsorpsi suatu gas pada suatu material. Prinsip kerjanya menggunakan mekanisme adsorpsi gas, umumnya nitrogen, argon dan helium, pada permukaan suatu bahan padat yang akan dikarakterisasi pada temperatur konstan seringkali pada suhu didih dari gas tersebut. Alat tersebut pada dasarnya hanya mengukur jumlah gas yang dapat diserap oleh suatu permukaan padatan pada tekanan dan temperatur tertentu (Busca, 2014).



**Gambar 3.15.** Skema kerja *surface area analyzer*

Alat ini prinsip kerjanya menggunakan mekanisme adsorpsi gas, umumnya nitrogen, argon dan helium, pada permukaan suatu bahan padat yang akan dikarakterisasi pada suhu konstan biasanya suhu didih dari gas tersebut. Alat tersebut pada dasarnya hanya mengukur jumlah gas yang dapat dijerap oleh suatu permukaan padatan pada tekanan dan suhu tertentu. Jika kita mengetahui berapa volume gas spesifik yang dapat dijerap oleh suatu permukaan padatan pada suhu dan tekanan tertentu dan kita mengetahui secara teoritis luas permukaan dari satu

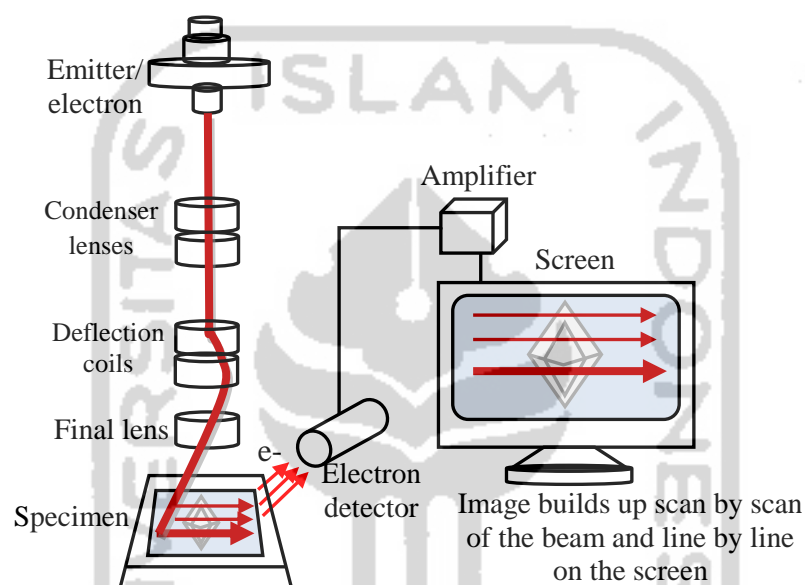
molekul gas yang dijerap, maka luas permukaan total padatan tersebut dapat dihitung (Gregg dan Sing, 1982).

Luas permukaan merupakan luasan yang ditempati satu molekul adsorbat/zat terlarut yang merupakan fungsi langsung dari luas permukaan sampel. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa luas permukaan merupakan jumlah pori disetiap satuan luas dari sample dan luas permukaan spesifiknya merupakan luas permukaan per gram. Luas permukaan dipengaruhi oleh ukuran partikel/pori, bentuk pori dan susunan pori dalam partikel (Martin dkk., 1993). Secara garis besar alat *Surface Area* bekerja berdasarkan metode BET (*Brunauer-Emmett-Teller*) yaitu adsorpsi dan desorpsi isothermis gas nitrogen ( $N_2$ ) oleh sampel padatan pada kondisi temperatur nitrogen cair sebagai lapisan tunggal (*monolayer*) (Sugeng dkk., 2007).

### **3.8. Scanning Electron Microscopy (SEM)**

Pada tahun 1935, Stylizing dan Knoll dari Jerman menemukan Mikroskop Elektron Pemindaian pertama (SEM). Kemudian pada tahun 1942, Zworykin dari Amerika Serikat mengembangkan versi pertama SEM, namun masih memiliki beberapa masalah yang berkaitan dengan rasio *signal to noise* pada tahap ini. Pada tahun 1950 di Cambridge, Nixon dan Oatly merancang SEM modern. Kemudian di tahun 1965, Stewart dan Snelling membangun SEM komersial untuk pertama kalinya. Baru-baru ini program komputer telah terpasang pada SEM untuk meningkatkan kemampuan analisisnya dan untuk mencapai beberapa masalah lain yang ditemukan pada versi sebelumnya seperti rasio *signal-to-noise* (Nada, 2011).

Mikroskop elektron *scanning* terbaru (SEM) dianggap salah satu teknik analisis yang paling kuat. SEM digunakan untuk berbagai tujuan, seperti mempelajari topografi permukaan, sifat komponen, komposisi, dan kristalografi. SEM telah banyak digunakan dalam penelitian mengenai topografi dan studi komposisi kimia dari sampel (Nada, 2011).



**Gambar 3.16.** Komponen utama dan skema kerja SEM

Cara kerja dari mikroskop *scanning electron* adalah sinar dari lampu dipancarkan pada lensa kondensor, sebelum masuk pada lensa kondensor ada pengatur dari pancaran sinar elektron yang ditembakkan. Sinar yang melewati lensa kondensor diteruskan lensa objektif yang dapat diatur maju mundurnya. Sinar yang melewati lensa objektif diteruskan pada spesimen yang diatur miring pada pencekamnya, spesimen ini disinari oleh deteksi *x-ray* yang menghasilkan sebuah gambar yang diteruskan pada layar monitor (Kahn, 2002).

### 3.9. Karbonisasi Hidrothermal

Proses hidrotermal dapat didefinisikan sebagai setiap reaksi kimia yang homogen dan heterogen dengan adanya pelarut (baik dalam kondisi mengandung air atau tidak) di atas suhu kamar dan pada tekanan lebih besar dari 1 atm dalam sistem tertutup (Yoshimura dan Byrappa, 2008). Perlakuan hidrotermal dari biomasa pada suhu di kisaran 100-374 °C menghasilkan senyawa-senyawa organik yang larut dalam air dan produk padat yang kaya akan karbon, umumnya diketahui sebagai hidrochar (Sevilla dan Fuertes, 2009). Menurut Ramke dkk. (2009) ada beberapa keuntungan yang terkait dengan teknologi ini:

1. Material yang di karbonisasi hidrotermal dapat digunakan untuk pembangkit energi secara langsung atau disebut *biocoal*, berfungsi pada aplikasi energi desentralisasi.
2. *Biochar* yang dihasilkan dapat dimasukkan ke dalam tanah di bawah menggunakan konsep "*Terra Preta*" untuk meningkatkan kualitas tanah dan menyimpan CO<sub>2</sub> dari tanaman.
3. Teknologi ini juga dapat digunakan untuk mengkonversi sampah organik yang berasal dari sungai dikota menjadi bahan karbon.
4. Bahan karbon yang dihasilkan mudah terbentuk struktur nano (*functionalised*) dan berfungsi pada aplikasi seperti energi terbarukan, katalisis, penangkap CO<sub>2</sub> atau pemurnian air.
5. Fasa cairnya mengandung bahan kimia hasil proses dapat dikonversi dalam bentuk biokimia dan bahan bakar organik.
6. Airnya dapat digunakan kembali.
7. Proses ini merupakan eksotermik dan memiliki energi yang stabil.

Pada prinsipnya metode ini memproduksi karbon dengan cara merubah kelarutan, melelehkan bagian kristalin, mempercepat interaksi fisikokimia, perantara reaksi asam/basa atau ionik, dan pengendapan material karbon. Metode ini dibagi kedalam dua daerah suhu, yaitu 300-800 °C untuk membentuk karbon *nanotube*, material grafit, dan karbon aktif. Sedangkan pada suhu kurang dari 300 °C akan terbentuk material karbon fungsional akibat proses polimerisasi dan dehidrasi (Wang dkk., 2001).



## BAB IV

### METODE PENELITIAN

#### 4.1. Waktu dan Tempat Kegiatan

Penelitian ini dilakukan pada 16 November 2016 di Laboratorium Penelitian Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.

#### 4.2. Bahan

Tandan pisang (limbah dari petani pisang). Bahan kimia yang digunakan adalah asam fosfat ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) 10% (pengenceran dari  $\text{H}_3\text{PO}_4$  85%, berat molekul 97,99 g/mol) (Merck), asam klorida (HCl) (kadar: 37%, berat molekul 36,453 g/mol) (Merck), asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) (kadar: 65%, berat molekul 80,05 g/mol) (Merck), Timbal (II) nitrat ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ) (berat molekul 331,2 g/mol, kadar 99,5%), Kalium dikromat ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) (berat molekul 294,1918 g/mol, kadar 98%) (Merck), dan akuades.

#### 4.3. Alat

Furnace (F48010-33), FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) (PerkinElmer Spectrum Version 10.5.1), SSA (Spektrofotometer Serapan Atom) (Buck Model 210VGP), SAA-BET (*Surface Area Analyzer-BET*) (Quantachrome NovaWin version 11.0), SEM-EDX (*Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray Analysis*) (JEOL JED-2300), Shaker digital (SCIOLOGEX SK-L330-PRO) dan seperangkat alat Presto.



#### 4.4. Cara Kerja

##### 4.4.1. Pembuatan Karbon Aktif dari Tandan Pisang

Tandan pisang sebanyak 500 gram dipotong-potong menggunakan pisau dan dicuci dengan air kran. Lalu dikeringkan dibawah sinar matahari.. Setelah itu sampel tandan pisang yang kering direndam dengan larutan aktivator  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10 % sebanyak 500 mL selama 6 jam pada suhu  $400\text{ }^\circ\text{C}$  (Nur, 2012). Lalu di saring menggunakan kertas saring biasa dan dibilas dengan akuades. Kemudian sampel tersebut dimasukkan kedalam alat presto dan ditambahkan akuades hingga sampel terendam semuanya untuk melakukan proses karbonisasi hidrotermal menggunakan alat presto hingga terbentuk arang. Setelah itu, dihaluskan dengan blender dan dilakukan proses karbonisasi dalam grafit *furnace* pada temperatur  $400\text{ }^\circ\text{C}$  selama 3 jam. Kemudian karbon aktif direndam dalam  $\text{HNO}_3$  5 M selama 3 jam kemudian disaring, dicuci hingga pH 6-7 dan keringkan dalam oven pada suhu  $100\text{-}105\text{ }^\circ\text{C}$  (proses pengeringan dilakukan hingga berat konstan).

##### 4.4.2. Karakterisasi Adsorben Karbon Aktif Dengan FTIR, SEM-EDX dan SAA

Analisis gugus fungsi pada sampel karbon aktif menggunakan FTIR pada bilangan gelombang  $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$  di laboratorium Terpadu FMIPA UII. Untuk analisis morfologi digunakan *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray Analysis* (SEM-EDX) yang dilakukan di LPPT UGM. Untuk analisis pori digunakan *Surface Area Analyzer* (SAA) pada suhu 77 K yang dilakukan di Laboratorium KIMIA FMIPA UNNES.

#### **4.4.3. Pengujian Kadar Air (Ferry, 2002)**

Karbon aktif ditimbang sebanyak 2 g sampel ditempatkan pada cawan porselen. Cawan (setelah diketahui berat cawan porselen). Selanjutnya dipanaskan dalam oven bersuhu 105 °C selama 3 jam. Lalu didinginkan dalam desikator selama 1 jam dan ditimbang.

#### **4.4.4. Pengujian Kadar Abu (Ferry, 2002)**

Karbon aktif ditimbang sebanyak 2 g dimasukkan ke dalam cawan porselen (setelah diketahui berat cawan porselen). Selanjutnya sampel dipanaskan dengan *furnace* pada suhu 750 °C selama 6 jam. Lalu didinginkan dalam desikator selama 1 jam dan ditimbang.

#### **4.4.5. Pembuatan Larutan Logam Pb (II)**

##### **4.4.5.1. Pembuatan Larutan Induk 1000 mg/L (Dewi, 2015)**

Ditimbang  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  sebanyak 0,8040 gram dan dilarutkan dalam gelas beker dengan 100 mL akuades. Kemudian dipindahkan kedalam labu ukur 500 mL dan ditambahkan akuades hingga tanda batas. Lalu digojog hingga homogen.

##### **4.4.5.2. Pembuatan Larutan Baku 50, 100, 150 dan 200 mg/L (Dewi, 2015)**

Dipipet masing-masing 5, 10, 15 dan 20 mL dari larutan induk 1000 mg/L dan dimasukkan kedalam labu ukur 100 mL. Kemudian ditera hingga tanda batas dan digojog sampai homogen.

#### **4.4.5.3. Pembuatan Larutan standar 1, 5, 10, 15 dan 20 mg/L (SNI 06-6989.8-2004)**

Dipipet masing-masing 1, 5, 10, 15 dan 20 mL dari larutan baku 100 mg/L dan dimasukkan kedalam labu ukur 100 mL. Kemudian ditera hingga tanda batas dan digojog sampai homogen.

#### **4.4.6. Pembuatan Larutan Logam Cr (VI)**

##### **4.4.6.1. Pembuatan Larutan Induk 1000 mg/L (Zuhroh, 2015)**

Ditimbang  $K_2Cr_2O_7$  sebanyak 1,4143 gram dan dilarutkan dalam gelas beker dengan 100 mL akuades. Kemudian dipindahkan kedalam labu ukur 500 mL dan ditambahkan akuades hingga tanda batas. Lalu digojog hingga homogen.

##### **4.4.6.2. Pembuatan Larutan Standar Baku 50, 100, 150 dan 200 ppm (Zuhroh, 2015)**

Dipipet masing-masing 5, 10, 15 dan 20 mL dari larutan induk 1000 mg/L dan dimasukkan kedalam labu ukur 100 mL. Kemudian ditera hingga tanda batas dan digojog sampai homogen.

##### **4.4.6.3. Pembuatan Larutan standar 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 dan 3,0 mg/L (SNI 6989-71-2009)**

Dipipet masing-masing 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 dan 3,0 mL dari larutan baku 100 mg/L dan dimasukkan kedalam labu ukur 100 mL. Kemudian ditera hingga tanda batas dan digojog sampai homogen.

#### **4.4.7. Penentuan Kondisi Optimum Adsorpsi (Nurhasni dkk., 2014).**

##### **4.4.7.1. Pengaruh pH Ion Logam Terhadap Adsorpsi Ion Logam Pb (II) dan Cr (VI)**

Ditimbang masing-masing 0,5 gram karbon aktif tandan pisang lalu ditambahkan 50 mL larutan ion logam dengan konsentrasi 100 mg/L dengan variasi pH 3, 5, 7, 9 dan 10. Kemudian digojog menggunakan *shaker* selama 45 menit dengan kecepatan putaran 180 rpm. Setelah itu ditampung dan ditepatkan volumenya 50 ml dengan aquades pH yang sama, dan ditambah 1 tetes asam nitrat p.a dan diukur dengan SSA.

##### **4.4.7.2. Pengaruh Massa Karbon Aktif Tandan Pisang Terhadap Adsorpsi Ion Logam Pb (II) dan Cr (VI)**

Ditimbang masing-masing 0,5; 1,0; 1,5 dan 2,0 gram karbon aktif tandan pisang. Lalu ditambahkan larutan ion logam sebanyak 50 mL dengan konsentrasi 100 mg/L dengan pH optimum dan digojog menggunakan *shaker* selama 45 menit dengan kecepatan putaran 180 rpm. Setelah itu disaring dan filtrat yang dihasilkan ditampung dan ditepatkan volumenya 50 ml dengan aquadest, ditambah 1 tetes asam nitrat dan diukur dengan SSA.

#### **4.4.7.3. Penentuan Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Ion Logam Pb (II) dan Cr (VI)**

Ditimbang masing-masing 2 gram, karbon aktif tandan pisang lalu ditambahkan 50 mg/L larutan ion logam dengan konsentrasi 20 mg/L. Kemudian digojog menggunakan *shaker* dengan variasi waktu 30, 45, 60 dan 75 menit dengan kecepatan putaran 180 rpm. Setelah itu ditampung dan ditepatkan volumenya 50 ml dengan aquades pH yang sama, dan ditambah 1 tetes asam nitrat p.a dan diukur dengan SSA.

#### **4.4.7.4. Penentuan Kapasitas Adsorpsi Ion Logam Pb (II) dan Cr (VI)**

Ditimbang masing-masing 2 gram, karbon aktif tandan pisang lalu ditambahkan larutan ion logam sebanyak 50 mL dengan variasi konsentrasi 50, 100, 150 dan 200 mg/L. Kemudian digojog menggunakan *shaker* selama 75 menit dengan kecepatan putaran 180 rpm. Setelah itu disaring dan filtrat yang dihasilkan ditampung dan ditepatkan volumenya 50 ml dengan aquadest, ditambah 1 tetes asam nitrat dan diukur dengan SSA.

Kemudian dibuat Plot  $C_e$  vs  $C_e/q_e$  untuk menentukan kapasitas adsorpsi berdasarkan isoterm Langmuir dan plot  $\text{Log } C_e$  vs  $\text{Log } C_e$  untuk kapasitas adsorpsi berdasarkan isoterm Freundlich.

## **BAB V**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian tentang sintesis dan karakterisasi karbon aktif tandan pisang dengan aktivator  $H_3PO_4$  10% sebagai adsorben dalam proses adsorpsi logam Pb (II) dan Cr (VI) telah dilakukan pada tanggal 16 November 2016 sampai 5 April 2017 di Laboratorium Penelitian Kimia FMIPA Universitas Islam Indonesia. Awal penelitian tersebut dilakukan dengan membuat karbon aktif menggunakan aktivator  $H_3PO_4$  dengan proses hidrotermal dan aktivasi, kemudian diaplikasikan terhadap adsorpsi logam Pb (II) dan Cr (VI) dengan menentukan pH larutan, massa karbon, waktu kontak dan kapasitas adsorpsi. Selain itu dilakukan karakterisasi karbon aktif dengan pengujian kadar abu, kadar air, gugus fungsi, analisis morfologi pori dan luas permukaan, serta luas permukaan, jumlah dan ukuran pori.

#### **5.1. Pembuatan Karbon Aktif dari Tandan Pisang**

Pada tahap awal dilakukan preparasi tandan pisang dengan memotong tandan pisang dengan ukuran 1 sampai 3 mm dan dikeringkan dibawah sinar matahari untuk menghilangkan kandungan air yang terikat dalam tandan pisang. Hasil preperasi tandan pisang dapat dilihat pada Gambar 5.1. Kemudian proses aktivasi dilakukan perendaman menggunakan aktivator  $H_3PO_4$  konsentrasi 10% dengan pemanasan pada suhu sekitar  $\pm 80$  °C. Proses tersebut bertujuan untuk membuka pori karbon sehingga mengakibatkan luas permukaan bertambah besar dan daya serap karbon menjadi semakin baik (Sembiring dan Sinaga, 2003). Sedangkan pemanasan dilakukan agar proses perjalanan cepat. Menurut Safi'i dan Mitarlis

(2013) penggunaan asam sebagai aktivator karena asam memiliki sifat *dehydrating agent* yang kuat sehingga dapat memperbaiki pengembangan pori di dalam struktur karbon yang dapat meningkatkan daya adsorpsi dari karbon aktif. Untuk itulah digunakan  $H_3PO_4$  sebagai aktivator.



**Gambar 5.1.** Tandan pisang yang telah dipotong kecil-kecil dan keringkan

Tahap selanjutnya adalah proses karbonisasi. Tandan pisang yang telah teraktivasi dengan  $H_3PO_4$  di presto selama 8 jam hingga terbentuk arang. Presto ini digunakan untuk membentuk karbon aktif dikarenakan memiliki keunggulan yang baik seperti energi yang digunakan kecil, suhu rendah, dan menggunakan daya tekan dari air sebagai energi untuk membentuk arang. Penggunaan alat presto juga lebih murah dan irit pirolisis metode presto ini lebih murah dan irit. Pada Gambar 5.2. menunjukkan proses karbonisasi hidrotermal menggunakan dengan alat presto (kiri) dan hasil karbonisasi hidrotermal (kanan).



**Gambar 5.2.** Alat presto untuk karbonisasi hidrotermal (kiri) dan arang hasil proses karbonisasi hidrotermal (kanan)

Setelah itu arang hasil karbonisasi dihaluskan menggunakan blender agar ukuran karbon aktif menjadi *homogeny* atau rata. Kemudian dilakukan proses aktivasi dengan *furnace* pada temperatur 400 °C selama 3 jam berfungsi untuk membuka dan membentuk lebih besar pori-pori pada karbon aktif sehingga meningkatkan daya adsorpsi.



**Gambar 5.3.** Alat *furnace* untuk aktivasi (kiri) dan karbon aktif hasil aktivasi dengan *furnace* (kanan)

Setelah itu dilakukan perendaman dengan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) konsentrasi 5 M yang bertujuan untuk menghilangkan senyawa-senyawa organik dan pengotor yang masih menempel pada pori-pori karbon sehingga pori-pori menjadi besar dan daya adsorpsi semakin baik. Setelah itu menghilangkan asam nitrat



dilakukan pencucian dengan akuades yang telah dipanaskan hingga pH netral dikarenakan asam nitrat bersifat asam kuat ( $\text{pH} \pm 2$ ) sehingga karbon aktif masih dalam keadaan asam. Penggunaan akuades panas dalam penetralan guna mempercepat peluruhan pengotor. Setelah penetralan  $\text{pH} \pm 7$  pada karbon aktif, dioven pada suhu  $103\text{ }^{\circ}\text{C}$  untuk menghilangkan kadar air pada karbon aktif. Hasil akhir karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 5.4.



**Gambar 5.4.** Hasil Akhir Karbon Aktif

## **5.2. Karakterisasi Karbon Aktif Tandan Pisang**

### **5.2.1. Kadar Air dan Kadar Abu**

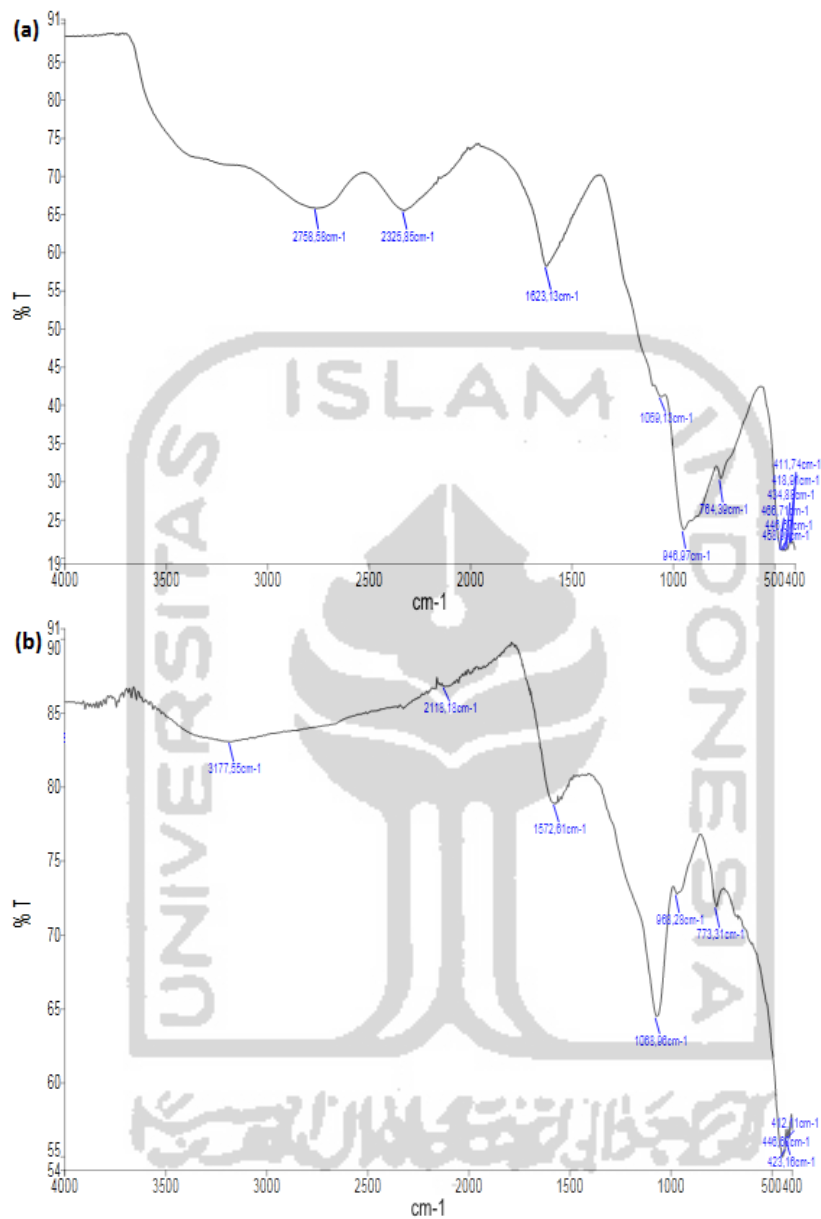
Kadar air merupakan salah satu parameter analisis dalam penentuan kualitas karbon aktif. Dalam SII No.0258-79 kadar air tidak boleh melebihi 10% dan kadar abu tidak boleh melebihi 2,1 % dikarenakan dapat mempengaruhi daya adsorpsi karbon aktif. Menurut Vinsiah, dkk. (2015) Air secara kimia mulai mengalami perubahan fase menjadi gas pada saat telah mencapai titik didihnya, yakni pada suhu  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Pada titik itu,  $\text{H}_2\text{O}$  bebas yang terikat pada karbon terlepas dan membentuk fase gas.

Dari hasil pengujian kadar air pada karbon aktif tandan pisang diperoleh sebesar 8,9664 %. Hasil ini didapat dengan cara menimbang karbon aktif tandan pisang sebanyak 2 gram sampel ditempatkan pada cawan porselen, Selanjutnya dipanaskan dalam oven pada temperatur 105 °C selama 3 jam.. Lalu didinginkan dalam desikator selama 1 jam dan ditimbang. Perhitungannya dapat dilihat pada lampiran 1. Berdasarkan SII, kadar air yang diizinkan untuk karbon aktif maksimal sebesar 10%. Hal ini dapat dikatakan bahwa karbon aktif tandan pisang memenuhi kualitas standar mutu karbon aktif, sehingga dapat digunakan sebagai adsorben.

Kadar abu juga merupakan parameter penentuan kualitas karbon aktif. Menurut Sudrajat dalam Fauziah (2011), peningkatan kadar abu dapat terjadi akibat terbentuknya garam-garam mineral pada saat proses pengarangan yang bila dilanjutkan akan membentuk partikel-partikel halus dari garam mineral tersebut. Untuk itulah jika proses karbonisasi yang terlalu lama dan temperatur yang terlalu tinggi maka akan meningkatkan kadar abu pada karbon aktif.

Dari hasil pengujian kadar abu pada karbon aktif tandan pisang diperoleh sebesar 1,6094 %. Hasil ini didapat dengan cara menimbang karbon aktif sebanyak 2 g dimasukkan ke dalam cawan porselen ditempatkan pada cawan porselin kemudian difurnace mulai dari suhu kamar sampai 750 °C selama 6 jam. Selanjutnya didinginkan selama 1 jam dalam desikator. Untuk Perhitungannya dapat dilihat pada lampiran 1. Berdasarkan SII, kadar air yang diizinkan untuk karbon aktif maksimal sebesar 2,1 %. Hal ini menunjukkan bahwa karbon aktif ini memenuhi kualitas standar mutu, sehingga dapat digunakan sebagai adsorben.

### 5.2.2. Keberadaan Gugus Fungsi Karbon Aktif Tandan Pisang



**Gambar 5.5.** (a) Karbon aktif sebelum perendaman dengan  $\text{HNO}_3$  dan penetralan  
(b) Karbon aktif sesudah perendaman dengan  $\text{HNO}_3$  dan penetralan

Kemampuan karbon aktif mengadsorpsi ditentukan oleh struktur kimianya yaitu atom C, H dan O yang terikat secara kimia membentuk gugus karboksilat, gugus hidroksifenol, gugus kuinon tipe karbonil, gugus normalakton, lakton tipe fluoresence, asam karboksilat anhidrida dan peroksida siklis dan eter. Selain itu,

gugus fungsi pada karbon aktif juga terbentuk selama proses aktivasi karena adanya interaksi radikal bebas permukaan karbon dengan oksigen atau nitrogen dari atmosfer. Gugus fungsional tersebut membuat permukaan karbon aktif reaktif secara kimiawi dan mempengaruhi sifat adsorpsinya (Pujiyanto, 2010). Semakin banyak gugus fungsi yang terserap pada analisis FTIR maka intensitas % transmisi akan semakin menurun. Penurunan tersebut berarti proses modifikasi tersebut mengakibatkan bertambahnya gugus fungsi (Harti dkk., 2014).

**Tabel 5.1.** Hasil FTIR Karbon Aktif sebelum dan sesudah perendaman dengan HNO<sub>3</sub> dan penetralkan

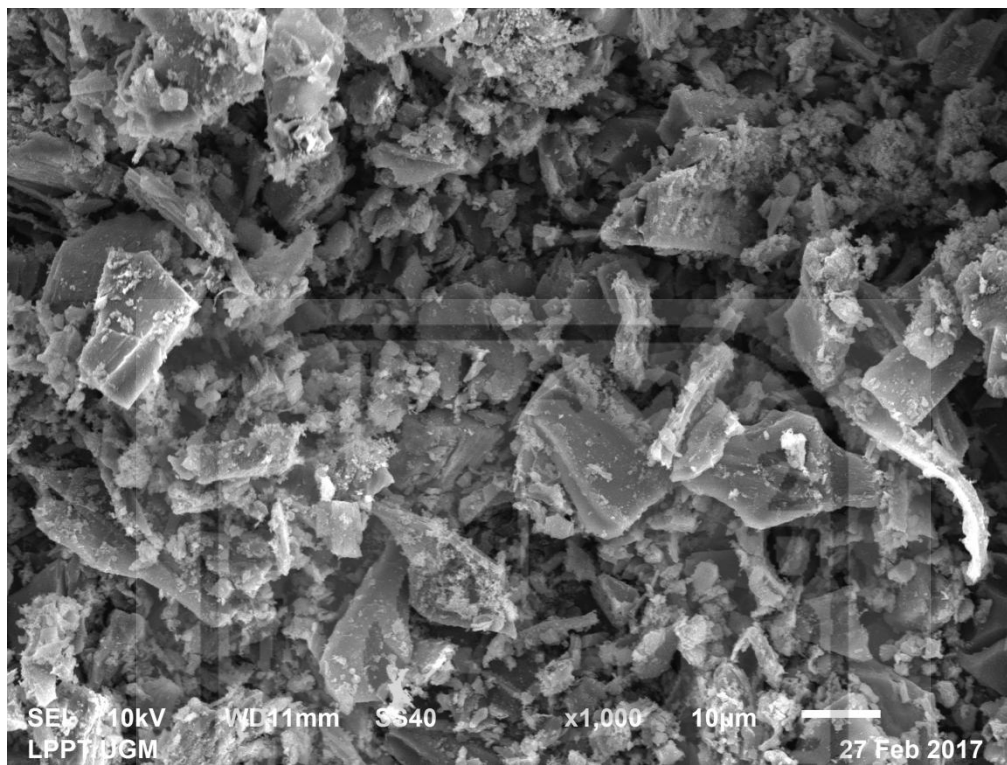
Karbon aktif sebelum perendaman dengan HNO <sub>3</sub> dan penetralkan	Karbon aktif sesudah perendaman dengan HNO <sub>3</sub> dan penetralkan
Panjang gelombang (cm <sup>-1</sup> )	
2758,58	3177,55
2325,85	2118,18
1623,13	1572,61
1059,13	1068,96
946,97	968,28
764,39	773,31
466,71	446,68
458,99	423,16

Berdasarkan hasil penelitian spektrum FTIR karbon aktif tandan pisang pada Tabel 5.1. dan Gambar 5.5(a) dan terjadi vibrasi pada pita serapan bilangan gelombang 2758 cm<sup>-1</sup> merupakan gugus C-H alkana, pita serapan bilangan gelombang 2325,85 cm<sup>-1</sup> merupakan gugus C≡N, pita serapan bilangan

gelombang  $1623\text{ cm}^{-1}$  merupakan gugus C=C, pita serapan bilangan gelombang  $1059\text{ cm}^{-1}$  merupakan gugus C-O dan panjang gelombang  $458\text{-}411\text{ cm}^{-1}$  merupakan C-H dari polisiklik. Sedangkan pada gambar 5.5(b) terdapat vibrasi pada pita serapan bilangan gelombang  $3177\text{ cm}^{-1}$  merupakan gugus C-H alkana, pita serapan bilangan gelombang  $2118,18\text{ cm}^{-1}$  merupakan gugus  $\text{C}\equiv\text{N}$ , pita serapan bilangan gelombang  $1572\text{ cm}^{-1}$  merupakan gugus C=C dan pita serapan bilangan gelombang  $1068\text{ cm}^{-1}$  merupakan gugus C-O. Selain itu terindikasi adanya struktur polisiklik pada pita serapan di daerah panjang gelombang  $446\text{-}412\text{ cm}^{-1}$  (Ercin dan Yurum, 2003).

Pada kedua data tersebut terjadi pergeseran panjang bilangan gelombang dan kenaikan intensitas % transmisi secara signifikan setelah dilakukan perendaman karbon aktif dengan  $\text{HNO}_3$  5M. Hal ini disebabkan senyawa  $\text{HNO}_3$  berfungsi untuk menghilangkan senyawa organik yang terdapat pada karbon aktif sehingga gugus fungsi yang tidak diinginkan seperti gugus  $\text{C}\equiv\text{N}$  berkurang pada permukaan karbon aktif dan meningkatkan daya adsorpsi yang tinggi pada karbon aktif. Selain itu, menurut Wibowo dkk. (2004)  $\text{HNO}_3$  pada temperatur sekitar  $20\text{-}100\text{ }^\circ\text{C}$  dapat bertindak sebagai oksidator yaitu membentuk gugus oksida dengan baik pada karbon aktif.

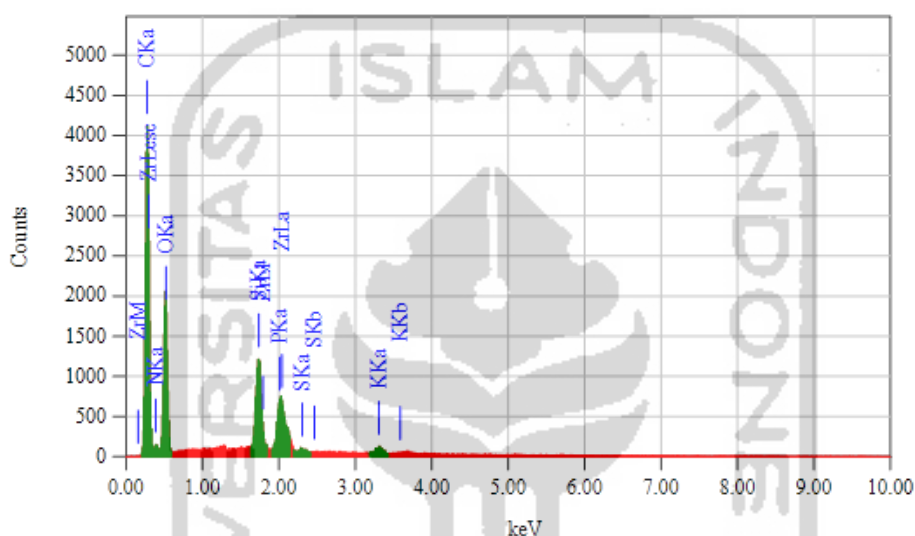
### 5.2.3. Morfologi dan Komposisi Kandungan Karbon Aktif Tandan Pisang



**Gambar 5.6.** Hasil uji SEM karbon aktif tandan pisang hasil akhir

Analisis dan karakterisasi karbon aktif dilakukan menggunakan analisis SEM (*Scanning Electron Microscopy*) perbesaran 1000 kali untuk mengamati morfologi permukaan dan ukuran pori karbon aktif. Struktur dan ukuran pori hasil karakterisasi SEM tandan pisang dengan aktivator  $H_3PO_4$  10% menunjukkan bahwa selama proses aktivasi terbentuk pelat-pelat atau bongkahan-bongkahan dan pori-pori karbon. Hal ini dikarenakan larutan  $H_3PO_4$  sebagai aktivator merupakan asam kuat yang mampu mengangkat senyawa hidrokarbon atau zat pengotor sehingga menyebabkan terjadinya pembentukan pori pada permukaan karbon (Sandi dan Astuti, 2014). Permukaan pori semakin terbuka yang tersebar di permukaan dan dinding rongga karbon aktif tandan pisang. Selain itu, rongga dan pori-pori pada Gambar 5.6. terbentuk karena pengaruh panas saat proses

karbonisasi sehingga menyebabkan terjadinya proses penguraian senyawa organik pada tandan pisang. Aktivasi karbon menjadi karbon aktif pada proses hidothermal suhu 400 °C selama 6 jam ternyata telah mampu membuka pori-pori pada permukaan karbon aktif dan mengurangi penutupan hidrokarbon pada permukaan karbon.

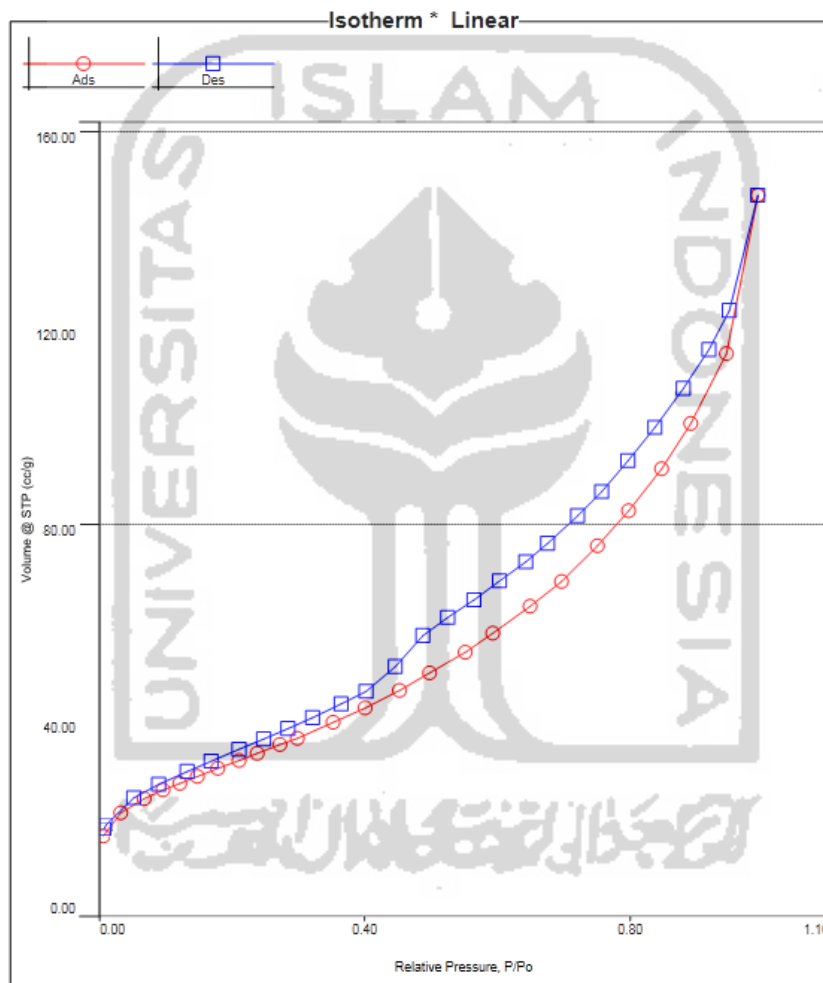


**Gambar 5.7.** Komposisi kandungan karbon aktif tandan pisang hasil akhir

Pengujian dengan EDX digunakan untuk menganalisa secara kuantitatif dari persentase masing-masing elemen pada karbon aktif. Berdasarkan difraktogram hasil dari analisis EDX, terdapat kandungan unsur karbon (C) sebesar 44,36 % pada karbon aktif tandan pisang. Selain itu, terdapat unsur pengotor seperti Oksigen (O) memiliki kandungan sebesar 27,34 % cukup tinggi. Hal tersebut disebabkan pada proses karbonisasi yang kurang lama. Menurut Budi dkk. (2012) proses karbonisasi bertujuan untuk menghilangkan unsur-unsur bukan karbon seperti hidrogen (H) dan oksigen (O). Untuk unsur-unsur seperti nitrogen (N) (12,04 %), Silikon (Si) (5,72 %), fosfor (P) (2,26 %), Sulfur (S) (0,52 %), kalium

(K) (1,23 %), dan zirkonium (Zr) (6,53 %) kemungkinan kandungan tersebut terdapat pada tandan pisang.

#### 5.2.4. Penentuan Luas Permukaan, Jumlah Pori dan Ukuran Pori Karbon Aktif Tandan Pisang



**Gambar 5.8.** Pembentukan kurva isotherm BET

Analisis penentuan jenis pori berdasarkan hasil luas permukaan, jumlah pori dan ukuran pori menggunakan metode Surface Area Analyzer-Brunauer Emmet Teller (SAA-BET). Pada Gambar 5.8 menunjukkan bahwa jenis isotherm pada karbon aktif tandan pisang merupakan isotherm adsorpsi tipe IV.

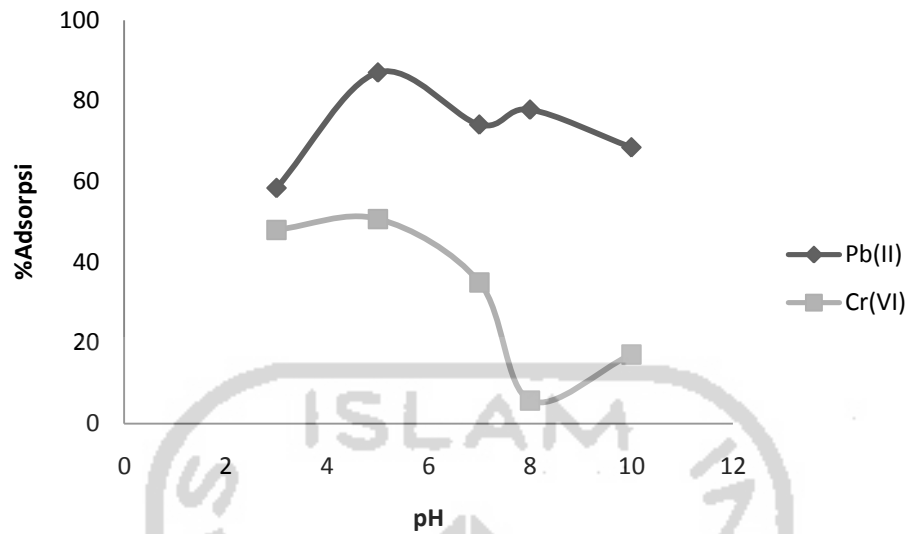


Hal tersebut dapat dilihat dari nilai luas permukaan karbon aktif tandan pisang sebesar  $113,096 \text{ m}^2/\text{g}$ , ukuran pori yang terbentuk sebesar  $4,0203 \text{ nm}$  dan volume pori sebesar  $0,2273 \text{ cc/g}$ . Menurut Siswati (2015) karbon aktif memiliki luas permukaan yang cukup tinggi berkisar antara 100 sampai dengan  $2000 \text{ m}^2/\text{g}$  dan memiliki pori-pori yang sangat kompleks yang berkisar dari ukuran mikro  $< 20 \text{ \AA}$ , ukuran meso  $20\text{-}500 \text{ \AA}$  dan ukuran makro  $> 500 \text{ \AA}$  (pembagian ukuran pori berdasarkan IUPAC). Sedangkan volume pori-pori karbon aktif yang terbentuk  $> 0,2 \text{ cc/gram}$  (Sudibandriyo, 2003). Maka karbon aktif tandan pisang ukuran pori yang terbentuk merupakan mesopori. Isoterm adsorpsi tipe IV merupakan adsorben berukuran mesopori ( $2\text{-}50 \text{ nm}$  atau  $20\text{-}500 \text{ \AA}$ ). Luas permukaan yang kurang tinggi dikarenakan karbon aktif tandan pisang memiliki kadar abu yang cukup tinggi yang menutupi pori-pori sekitar permukaan sehingga luas permukaan menjadi berkurang (Taufik, 2001).

### **5.3. Aplikasi Karbon Aktif Untuk Adsorpsi Logam Pb (II) dan Cr (VI)**

#### **5.3.1. Pengaruh pH Terhadap Adsorpsi Logam Pb (II) dan Cr (VI)**

Pengaruh pH terhadap adsorpsi logam Pb (II) dan Cr (VI) oleh karbon aktif tandan pisang dilakukan dengan penambahan masing-masing  $0,5 \text{ gram}$  karbon aktif tandan pisang ke dalam larutan logam Pb (II) dan Cr (VI) konsentrasi  $100 \text{ mg/L}$  sebanyak  $50 \text{ ml}$  dengan variasi pH yaitu  $3,5,7,8$  dan  $10$ , lalu digojog menggunakan alat *shaker* selama  $45 \text{ menit}$ . Jumlah logam Pb (II) dan Cr (VI) yang diadsorpsi oleh karbon aktif tandan pisang dengan variasi pH dapat dilihat pada Gambar 5.9.



**Gambar 5.9.** Daya adsorpsi karbon aktif terhadap variasi pH larutan logam

Dari Gambar 5.9. daya adsorpsi pH 3, 5, 7, 8 dan 10 masing-masing sebesar 58,40; 87,00; 74,10; 77,80 dan 68,46 % untuk logam Pb (II) dan 48,00; 50,70; 35,00; 5,70 dan 17,10 % untuk logam Cr (VI). Pada Gambar 5.9. menunjukkan pH optimum logam Pb (II) pada pH 5 dengan daya adsorpsi sebesar 87,00% dan logam Cr (VI) pada pH 5 dengan daya adsorpsi sebesar 50,70%. Pada saat keadaan netral dan semakin basa, daya adsorpsi karbon aktif pada logam Pb (II) dan Cr (VI) semakin menurun.



Pada reaksi 1 dan 2 merupakan reaksi yang terjadi perubahan gugus aktif pada permukaan karbon aktif. Gugus  $\text{SO}^-$  mewakili situs aktif permukaan karbon aktif dan  $\text{HS}^+$  adalah aktivitas proton pada permukaan padat. Oleh karena itu, peningkatan pH larutan akan melepaskan proton dari permukaan karbon aktif sehingga membuka lebih banyak gugus negatif seperti  $\text{SO}^-$  untuk mengikat lebih

banyak kation. Sebaliknya, jika penurunan pH larutan maka terjadi protonasi gugus pada permukaan karbon aktif sehingga menghasilkan banyak kation pada karbon aktif untuk mengikat lebih banyak anion.

Pengaruh pH adsorpsi logam sangat berkaitan dengan jenis dan keadaan ionik dari gugus fungsi yang ada pada adsorben dan ion logam dalam larutan (Babel dan Kurniauan, 2004). Pada pH 1-6 spesies ion kromium dalam larutan berbentuk  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{HCrO}_4^-$ ,  $\text{Cr}_3\text{O}_{10}^{2-}$  dan  $\text{Cr}_4\text{O}_{13}^{2-}$ , tetapi lebih dominan  $\text{HCrO}_4^-$ . Jika pH larutan logam Cr meningkat pada keadaan basa maka spesies ion logam kromium yang paling dominan yaitu  $\text{CrO}_4^{2-}$ . Untuk itulah, adsorpsi logam kromium lebih banyak terjadi pH asam daripada pH netral maupun basa. Hal ini dikarenakan pH asam menghasilkan ion  $\text{H}^+$  yang lebih banyak pada permukaan adsorben sehingga menghasilkan daya tarik elektrostatis yang kuat secara signifikan antara permukaan adsorben bermuatan positif dan ion kromat. Adsorpsi Cr (VI) pada pH 7, 8 dan 10 terjadi penurunan disebabkan oleh persaingan kedua anion yakni  $\text{CrO}_4^{2-}$  dan  $\text{OH}^-$  yang akan teradsorpsi pada permukaan adsorben, dimana  $\text{OH}^-$  lebih dominan dalam larutan.

Pada logam Pb dengan pH 3 merupakan yang rendah pada larutan dikarenakan dalam keadaan asam menghasilkan ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  lebih banyak sehingga terjadi persaingan dengan ion Pb (II) pada permukaan adsorben. Selain itu, pada pH rendah sebagian besar gugus fungsi diprotonasi. Hal ini akan mengurangi jumlah gugus fungsi pada permukaan untuk mengadsorpsi ion logam Pb (II). Pada pH 5 kapasitas adsorpsi sangat besar disebabkan karena jumlah ion  $\text{H}^+$  mulai berkurang, sehingga persaingan dengan  $\text{H}^+$  berkurang dan pada permukaan karbon

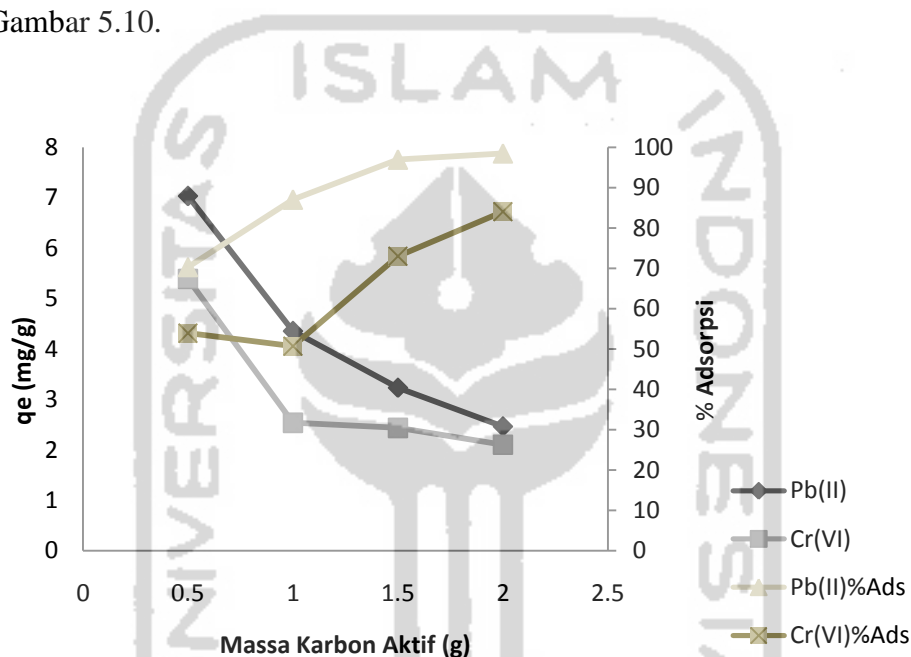
aktif gugus fungsi tandan pisang cenderung akan terionisasi dengan melepas ion  $H^+$  dan permukaan adsorben menjadi negatif. Sedangkan pada pH 7, 8 dan 10 terjadi penurunan adsorpsi. Menurut Sulistyawati (2008) pada pH tinggi (basa) dapat menyebabkan reaksi antara ion logam Pb (II) dengan  $OH^-$ , sehingga membentuk endapan  $Pb(OH)_2$ . Endapan ini dapat menghalangi proses adsorpsi yang berlangsung.

Selain itu, ion logam Pb (II) lebih banyak teradsorpsi daripada ion logam Cr (VI). Hal ini dikarenakan pengaruh dari keelektronegatifan suatu unsur. Menurut Rahman dkk. (2014) elektronegatifitas Pb, Ni dan Cr masing-masing adalah 1,85; 1,854 dan 1,60 (berdasarkan skala Pauling). Harga keelektronegatifan penting untuk menentukan bilangan oksidasi (biloks) unsur dalam suatu senyawa. Jika harga keelektronegatifan besar, maka unsur yang bersangkutan cenderung menerima elektron dan membentuk bilangan oksidasi negatif. Sedangkan jika harga keelektronegatifan kecil, unsur cenderung melepaskan elektron dan membentuk bilangan oksidasi positif. Jumlah atom yang diikat bergantung pada elektron valensinya. Untuk itulah ikatan antara Pb (II) lebih kuat dengan gugus aktif pada permukaan karbon aktif yang bermuatan negatif dibandingkan ion logam Cr (VI) dengan gugus aktif karbon aktif.

### **5.3.2. Pengaruh Massa Karbon Aktif terhadap adsorpsi logam Pb (II) dan Cr (VI)**

Massa Karbon aktif merupakan salah satu pengaruh terhadap adsorpsi logam Pb (II) dan Cr (VI) oleh karbon aktif tandan pisang. Untuk menentukan massa karbon optimum dilakukan dengan penambahan variasi massa karbon aktif

masing-masing 0,5; 1,0; 1,5 dan 2,0 gram karbon aktif tandan pisang dimasukan kedalam larutan logam Pb (II) dan Cr (VI) sebanyak 50 ml konsentrasi 100 mg/L dengan pH Optimum yaitu pH untuk logam Pb (II) dan Cr (VI), lalu digojog menggunakan alat *shaker* selama 45 menit. Banyaknya adsorpsi karbon aktif terhadap logam Pb (II) dan Cr (VI) dengan variasi massa karbon dapat dilihat pada Gambar 5.10.



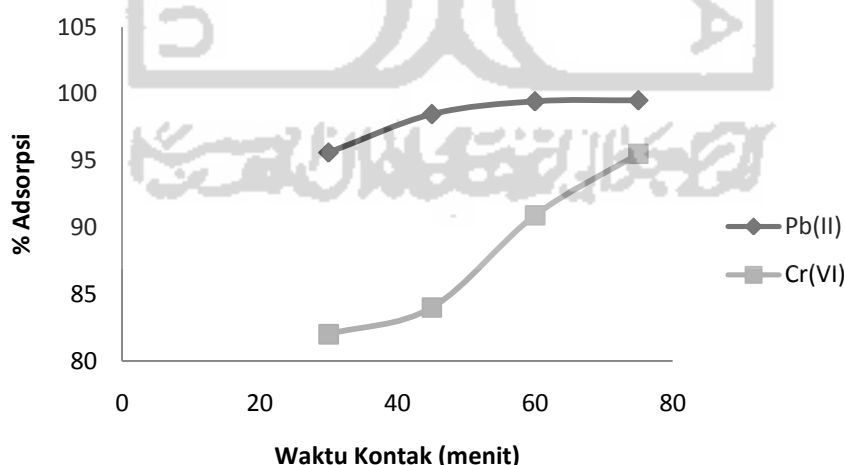
**Gambar 5.10.** Daya adsorpsi karbon aktif terhadap variasi massa karbon

Dari Gambar 5.10. daya adsorpsi karbon aktif pada massa karbon 0,5; 1,0; 1,5 dan 2,0 gram masing-masing sebesar 70,30; 87,00; 96,91 dan 98,46 % untuk ion logam Pb (II). Sedangkan pada ion logam Cr (VI) daya adsorpsi masing-masing sebesar 53,90; 50,70; 73,00 dan 84,00 %. Daya adsorpsi optimum ion logam Pb (II) pada massa karbon 2 gram sebesar 98,46 %. Sedangkan pada ion logam Cr (VI) pada massa karbon 2 gram sebesar 84,00 %. Hal tersebut dikarenakan jumlah ion logam Pb (II) dan Cr (VI) yang berikatan dengan gugus fungsi pada permukaan karbon aktif semakin sedikit. Sehingga jumlah karbon aktif

mempengaruhi proses adsorpsi dimana semakin bertambahnya massa menyebabkan karbon aktif telah mencapai titik jenuh jika permukaannya telah terisi oleh ion logam Pb (II) dan Cr (VI).

### 5.3.3. Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Logam Pb (II) dan Cr (VI)

Waktu kontak karbon aktif tandan pisang merupakan salah satu pengaruh terhadap adsorpsi logam Pb (II) dan Cr (VI) oleh karbon aktif tandan pisang. Untuk menentukan waktu kontak optimum dilakukan dengan ditambah massa karbon aktif optimum yaitu 2,0 gram karbon aktif tandan pisang dimasukkan kedalam larutan ion logam Pb (II) dan Cr (VI) 100 mg/L sebanyak 50 ml dengan pH Optimum yaitu pH 5, lalu digojog menggunakan alat *shaker* dengan variasi waktu 30, 45, 60 dan 75 menit. Banyaknya adsorpsi karbon aktif pada logam Pb (II) dan Cr (VI) dengan variasi waktu kontak dapat dilihat pada Gambar 5.11.



**Gambar 5.11.** Daya adsorpsi karbon aktif terhadap variasi waktu kontak

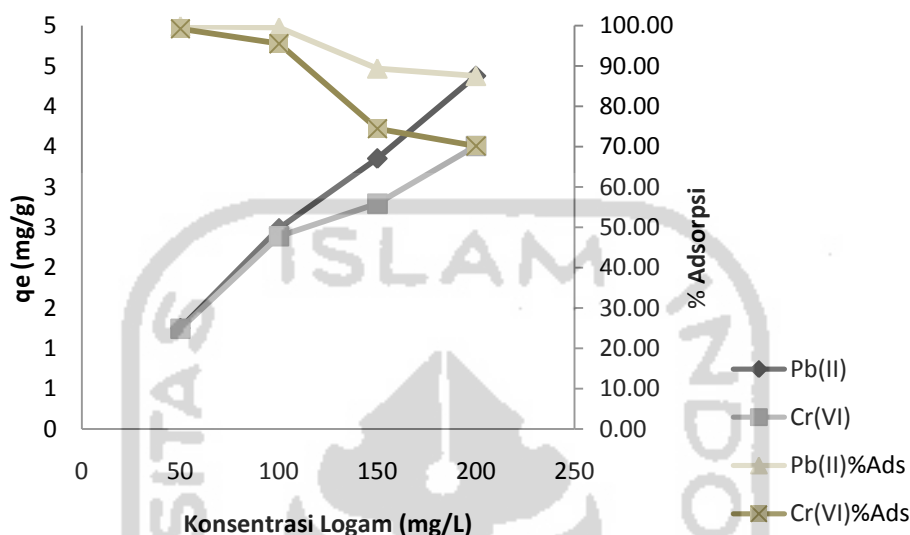
Dari Gambar 5.11. daya adsorpsi pada waktu kontak 30, 45, 60 dan 75 menit masing-masing sebesar 95,60; 98,46; 99,44 dan 99,51 % untuk logam Pb (II).

Sedangkan untuk logam Cr (VI) masing-masing sebesar 82,00; 84,00; 90,90 dan 95,50 %. Waktu kontak optimum karbon aktif pada ion logam Pb (II) dan Cr (VI) terdapat pada waktu kontak selama 75 menit sebesar 99,51 % untuk logam Pb (II) dan 95,50 % untuk logam Cr (VI). Hal ini dimungkinkan karena waktu kontak yang belum cukup bagi gugus fungsi dari karbon aktif berinteraksi dengan logam dalam larutan, artinya belum banyak gugus fungsi yang berperan mengadsorpsi Cr (VI). Semakin lama waktu kontak, maka semakin besar ion logam Cr (VI) yang teradsorpsi oleh gugus fungsi. Hal ini dimungkinkan gugus fungsi hidroksil (-OH) karbon aktif belum berinteraksi secara maksimal dengan ion logam Cr (VI) pada waktu interaksi 30, 45 dan 60 menit, sehingga ion logam Cr (VI) yang teradsorpsi oleh gugus fungsi pada waktu kontak 30, 45 dan 60 menit lebih kecil daripada waktu kontak 75 menit. Sedangkan pada ion logam Pb (II) terjadi kenaikan adsorpsi pada waktu kontak 45, 60 dan 75 menit yang tidak signifikan. Hal tersebut dikarenakan pengikatan ion logam Pb (II) oleh gugus hidroksil (-OH) yang ada pada karbon aktif telah mengalami kejenuhan.

#### 5.3.4. Kapasitas Adsorpsi Maksimum

Kapasitas adsorpsi dilakukan pada variasi konsentrasi larutan logam untuk adsorpsi logam Pb (II) dan Cr (VI). Untuk menentukan kapasitas adsorpsi dilakukan dengan penambahan massa karbon aktif optimum yaitu 2,0 gram karbon aktif tandan pisang dimasukkan kedalam larutan logam Pb (II) dan Cr (VI) sebanyak 50 ml dengan variasi konsentrasi 50, 100, 150 dan 200 mg/L dengan pH Optimum yaitu pH 5, lalu digojog dengan alat *shaker* dengan waktu optimum

yaitu 75 menit. Banyaknya adsorpsi karbon aktif terhadap logam Pb (II) dan Cr (VI) dengan variasi konsentrasi logam dapat dilihat pada Gambar 5.12.



**Gambar 5.12.** Kapasitas adsorpsi dan daya adsorpsi karbon aktif terhadap variasi larutan logam

Dari Gambar 5.12. menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi dan daya adsorpsi pada konsentrasi larutan logam Pb (II) 50, 100, 150 dan 200 mg/L masing-masing sebesar 1,2480; 2,4878; 3,3500; 4,3750 mg/g dan 99,84; 99,51; 89,33; 87,50 % Sedangkan untuk logam Cr (VI) sebesar 1,2399; 2,3875; 2,7900; 3,5075 mg/g dan 99,19; 95,50; 74,40; 70,15 %. Konsentrasi ion logam menunjukkan jumlah ion logam Pb (II) dan Cr (VI) yang terdapat dalam larutan. Pada konsentrasi larutan yang rendah jumlah ion logam dalam larutan hanya sedikit, sehingga hanya sedikit ion logam yang membentuk ikatan koordinasi dengan karbon aktif. Sedangkan pada konsentrasi yang tinggi jumlah ion logam dalam larutan semakin banyak, sehingga banyak ion logam yang membentuk ikatan koordinasi dengan adsorben. Hal ini dikarenakan karbon aktif memiliki kapasitas adsorpsinya yang



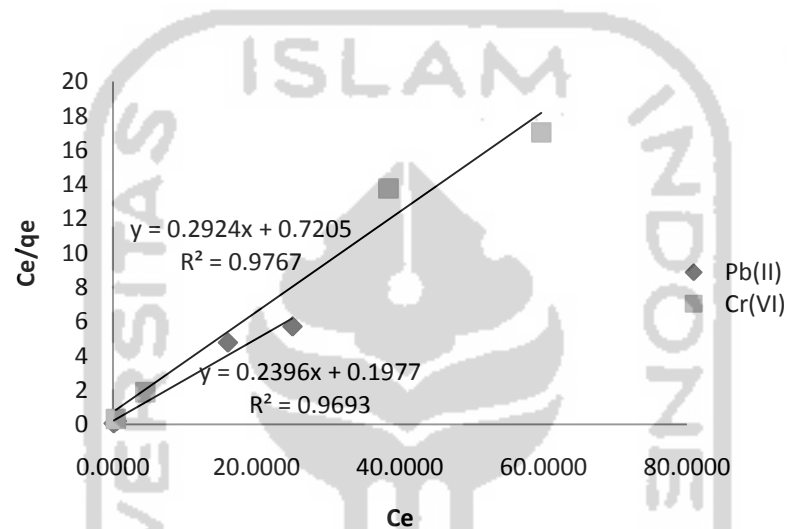
terbatas sehingga kurang mampu mengadsorpsi konsentrasi ion logam yang tinggi.

Untuk menentukan kapasitas adsorpsi maksimum logam Pb (II) dan Cr (VI) diperoleh dari isoterm adsorpsi. Persamaan yang digunakan dalam isoterm adsorpsi adalah persamaan Langmuir dan Freundlich. Isoterm Langmuir digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi maksimum pada lapisan tunggal (*monolayer*) adsorbat di permukaan karbon aktif. Sedangkan isoterm Freundlich untuk menentukan kapasitas adsorpsi maksimum yang terjadi pada banyak lapisan (*multilayer*).

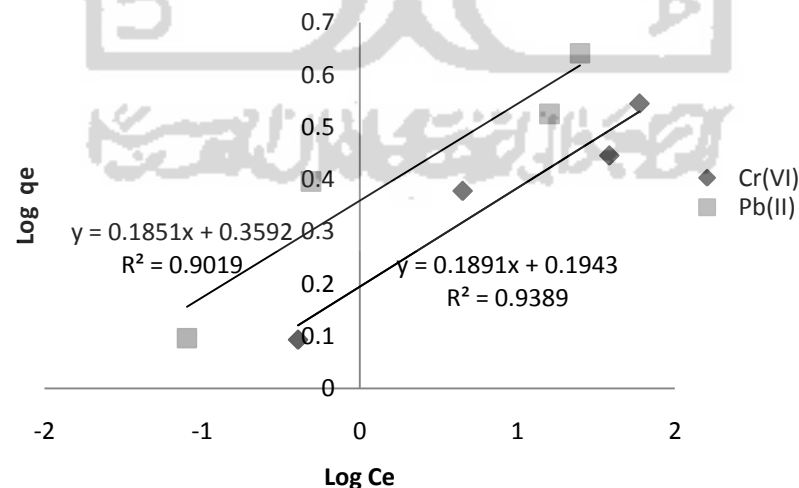
Analisa isoterm Langmuir digunakan dengan asumsi bahwa adsorben memiliki permukaan yang homogen dan terjadi hanya adsorpsi satu molekul adsorbat untuk setiap molekul biosorbennya tanpa terjadi interaksi antara molekul-molekul yang terserap. Semua proses adsorpsi dilakukan dengan mekanisme yang sama hanya terbentuk satu lapisan tunggal saat adsorpsi maksimum. Namun, asumsi-asumsi tersebut sulit diterapkan karena selalu ada ketidaksempurnaan pada permukaan adsorben, molekul teradsorpsi yang tidak inert, dan mekanisme adsorpsi pada molekul pertama sangat berbeda dengan mekanisme pada molekul terakhir yang teradsorpsi (Afrianita, 2010).

Analisa isoterm Freundlich merupakan bentuk terbatas dari isoterm Langmuir yang berlaku pada tekanan uap sedang dan adsorpsi cairan pada permukaan padatan. Isoterm Freundlich mengasumsikan bahwa pada sisi permukaan adsorben terjadi proses adsorpsi di bawah kondisi yang diberikan, tanpa

memperkirakan keberadaan sisi-sisi permukaan yang dapat mengganggu terjadinya adsorpsi saat kesetimbangan tercapai. Di sisi lain hanya terdapat beberapa sisi aktif yang mampu mengadsorpsi molekul terlarut (Pope, 1996). Kapasitas adsorpsi maksimum isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich dapat dilihat pada gambar 5.13. dan 5.14.



**Gambar 5.13.** Kurva isoterm Langmuir hubungan antara  $C_e/q_e$  terhadap  $C_e$



**Gambar 5.14.** Kurva isoterm Freundlich hubungan antara  $\text{Log } q_e$  terhadap  $\text{Log } C_e$

Dari Gambar 5.13. dan Gambar 5.14. dapat dinyatakan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum karbon aktif tandan pisang terhadap logam Pb (II) dan Cr (VI) paling dominan terjadi pada isoterm Langmuir yakni lapisan tunggal (*monolayer*) dan dapat dijelaskan pada adsorpsi secara kimia (kemisorpsi) sebagai pembentukan ikatan ionik atau kovalen antara adsorben (karbon aktif) dan adsorbat (ion logam Pb (II) dan Cr (VI)). Hal ini karena isoterm Langmuir memiliki nilai  $R^2$  mendekati 1 yaitu logam Pb (II) 0,9693 dan Cr (VI) 0,9767.

**Tabel 5.2.** Parameter adsorpsi isoterm karbon aktif tandan pisang

Logam	Langmuir			Freundlich		
	$q_m$ (mg/g)	$k_L$ (L/mg)	$R^2$	$k_F$	$n$	$R^2$
<b>Pb (II)</b>	4,1736	1,2119	0,9693	2,2867	5,4025	0,9019
<b>Cr (VI)</b>	3,4200	0,4058	0,9767	1,5642	5,2882	0,9389

Hasil parameter pada tabel 5.1. menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum pada logam Pb (II) sebesar 4,1736 mg/g dan logam Cr (VI) sebesar 3,4200 mg/g. Konstanta isoterm Langmuir menunjukkan pola ikatan yang terbentuk antara adsorben (karbon aktif) dan adsorbat (larutan logam Pb (II) dan Cr (VI)). Nilai  $k_L$  merupakan tingkat afinitas antara larutan logam Pb (II) dan Cr (VI) dengan permukaan karbon aktif. Jika nilai  $k_L > 1$  maka bahwa tingkat afinitas karbon aktif cukup kuat. Nilai  $q_m$  dari Langmuir menggambarkan ikatan antara karbon aktif dengan logam Pb (II) dan Cr (VI) mampu membentuk lapisan *monolayer* dalam jumlah besar. Apabila dalam proses adsorpsi karbon aktif mencapai nilai  $q_m$ , maka kapasitas adsorpsi mencapai nilai maksimum atau mengalami titik optimum, artinya seluruh situs penyerapan telah penuh sehingga terbentuk lapisan pada permukaan adsorben (Hasfita, 2011). Pada parameter

Freundlich, nilai konstanta  $k_F$  dan  $n$  pada setiap jenis biosorben bernilai positif mengindikasikan adanya keseimbangan antara konsentrasi larutan, jumlah biosorben, serta waktu kontak yang digunakan pada proses penyerapan. Nilai  $k_F$  pada isoterm Freundlich menggambarkan kapasitas adsorpsi dari permukaan biosorben. Semakin besar nilai  $k_F$  menunjukkan laju penyisihan adsorbat yang tinggi (Babu, 2002). Sementara, semakin kecil nilai  $(1/n)$  menunjukkan kekuatan yang besar antara biosorben dan adsorbat.



## BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan dibahas maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Untuk mensistesis karbon aktif dari tandan pisang dengan aktivator  $H_3PO_4$  10% dilakukan dengan menggunakan proses hidrotermal dengan alat presto kemudian difurnace selama 3 jam dengan temperatur  $400\text{ }^\circ\text{C}$
2. Karbon aktif tandan pisang memiliki kadar air sebesar 8,9664%, kadar abu sebesar 1,6094 %, terbentuk pori-pori dan serpihan-serpihan dengan jumlah karbon sebesar 44,36%, luas permukaan karbon aktif tandan pisang sebesar  $113,096\text{ m}^2/\text{g}$ , ukuran pori yang terbentuk sebesar  $40,2030\text{ \AA}$  dan volume pori sebesar  $0,2273\text{ cc/g}$ .
3. Daya adsorpsi pada pH optimum logam Pb (II) pada pH 5 dengan daya adsorpsi sebesar 87,00% dan logam Cr (VI) pada pH 5 dengan daya adsorpsi sebesar 50,70%, massa karbon optimum yaitu 2 gram dengan daya adsorpsi sebesar 98,46 % untuk ion logam Pb (II) dan 84,00 % untuk ion logam Cr (VI), Waktu kontak optimum selama 75 menit logam Pb (II) dan Cr (VI) sebesar 99,51 dan 95,50 % dan kapasitas maksimum karbon aktif terhadap logam Pb (II) sebesar  $4,1736\text{ mg/g}$  dan logam Cr (VI) sebesar  $3,4200\text{ mg/g}$ . Adsorpsi yang sering terjadi pada lapisan *monolayer* (isoterm Langmuir).

## 6.2. Saran

Perlu adanya dilakukan memodifikasi arang aktif dalam upaya memperluas pori-pori pada permukaan arang aktif dan meningkatkan daya adsorpsi terhadap senyawa-senyawa organik maupun anorganik serta penentuan optimasi kecepatan pengadukan, suhu pemanasan, dan kinetika adsorpsi untuk mengetahui daya adsorpsi karbon aktif tandan pisang terhadap logam Pb (II) dan Cr (VI).



## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1990, SII No.0258-79 *Tentang Persyaratan Arang Aktif*, Badan Standarisasi Indonesia.
- Anonim, 2004, SNI 06-6989.8-2004 *Tentang Cara Uji Timbal (Pb) Dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)-nyala*, Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim, 2009, SNI 6989.71:2009 *Tentang Cara Uji Krom Heksavalen (Cr-VI) Dalam Contoh Uji Secara Spektrofotometri*, Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim, 2012, *Pemeriksaan Kualitatif Logam Berat Hg dan Cu*, Laporan.
- Achmad, R., 2004, *Kimia Lingkungan Edisi 1*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Adamson, A.W., 1990, *Physical Chemistry of Surface 5 th edition*, John Willey & Sons, New York.
- Adebisi, G.A., Chowdhury, Z.Z., Hamid, S.B.A, and Ali, E., 2016, Hydrothermally Treated Banana Empty Fruit Bunch Fiber Activated Carbon for Pb (II) and Zn (II) Removal, *BioResources*, 11, 3, 9686-9709.
- Adinata, R.M., 2013, *Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Sebagai Karbon Aktif*, Skripsi, Jurusan Teknik Kimia FTI, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Surabaya.
- Afrianita, R., 2010, Pemanfaatan Fly Ash Batubara Sebagai Adsorben Dalam Penyisihan Chemical Oxygen Demand (COD) Dari Limbah Cair Domestik (Studi Kasus: Limbah Cair Hotel Inna Muara, Padang), *Artikel, Fakultas Teknik*, 1, 33, 81-93.
- Alvarez-ayuso E., Querol, X., Plana, F., Alastuey, A., Moreno, N., Izquierdo, M. Font, O., Moreno, T., Diez, S., Vazquez, E., and Barra, M., 2007, Enviromental, Physical, and Structural Characterization of Geopolymer Matrixes Synthesised from Coal (co) Combustion Fly Ashes, *Journal of Hazardous Material*, 154, 1-3, 175-183.
- Atkins, P.W., 1999, *Kimia Fisika Edisi kedua*, Erlangga, Jakarta.
- Austin, G.T., 1996, *Industri Proses Kimia*, Edisi Kelima, Penerbit Erlangga, Jakarta.

- Babu, B.V., and Ramakrishna, V., 2002, Modeling of Adsorption Isotherm Constants Using Regression Analysis and Neural Networks, *Birla Institute of Technology and Science Pilani (Rajasthan)*, 333031.
- Basset, J., 1994, *Buku Ajaran Vogel Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik Edisi keempat*, Penerbit Buku Kedokteran, Jakarta.
- Bereket, G., Aroguz, A.Z. and Azel, M.Z, 1997, Removal of Pb (II), Cd (II), and Zn (II) from Aqueous Solutions by Adsorption in Bentonite, *J. Colloid and Interface Sci.*, 187, 2, 338-343.
- Bezzera, R.D.S, Teixeira, P.R.S., Teixeira, A.S.N.M., Eiras, C., Osajima, J.A., and Filho E.C.S., 2015, *Chemical Functionalization of Cellulosic Materials—Main Reactions and Applications in the Contaminants Removal of Aqueous Medium*, Article Federal Institute of Educ., Sci. and Tech. of Piaui Camp. Teresina and Central Federal University of Piaui LIMAV, Teresina Brazil.
- Bird, T., 1993, *Kimia Fisik Untuk Universitas*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Blais, J.F., Dufresne, B., and Mercier, G., 2000, State of the Art of Technologies for Metal Removal from Industrial Effluents. *Rev. Sci. Eau.*, 12, 4, 687-711.
- Bradl, B.H., 2004, Adsorption of Heavy Metal Ion on Soils and Soils Constituents, *Journal of Colloid and Interface Science*, 277, 1, 1-18.
- Busca G, 2014, *Heterogeneous Catalytic Materials*, Elsevier, Amsterdam.
- Cheremisinoff and Morresi, A.C., 1978, *Carbon Adsorption Applications, Carbon Adsorption Handbook*, Ann Arbor Science Publishers Inc., Michigan.
- Chodijah, S., 2011, *Pemanfaatan Arang Batok Kelapa dan Batubara sebagai Karbon Aktif untuk Material Penyimpan Hidrogen*, Tesis, Fakultas Teknik Program Studi Metalurgi dan Material Kekhususan Korosi dan Perlindungan Logam, Universitas Indonesia, Depok.
- Darmono, 1995, *Logam Dalam Sistem Biologi Mahluk Hidup*, UI-Press, Jakarta.
- Day, R.A. dan Underwood, A.L., 2001, *Analisis Kimia Kuantitas*, Erlangga, Jakarta.
- Dewi, M.S., 2015, *Pemanfaatan Arang Kulit Pisang Raja Teraktivasi  $H_2SO_4$  Untuk Menurunkan Kadar Ion  $Pb^{2+}$  Dalam Larutan*, Skripsi, Jurusan Kimia FMIPA UNS, Semarang.



- Ercin, D., and Yurum, Y., 2003, Carbonisation of Fir (*Abies bornmulleriana*) Wood in an Open Pyrolysis System at 50-300 °C, *J. Anal. and Appl. Pyrol.*, 67, 1, 11-22.
- Esmaeili, A., Saremnia, B., and Kalantari, M., 2011, Removal Of Mercury(II) From Aqueous Solutions by Biosorption on the Biomass of *Sargassum glaucescens* and *Gracilaria corticata*, *Arabian Journal of Chemistry*, 8, 4, 506–511.
- Fardiaz, S., 1995, Pengembangan Industri Pengolahan Hasil Perikanan di Indonesia: Tantangan dan Penerapan Sistem Jaminan Mutu, *Buletin Teknologi & Industri Pangan Institut Pertanian Bogor*, 4, 1, 65-73.
- Fauziah, N., 2009, *Pembuatan Arang Aktif Secara Lagsung dari Kulit Acasia mangium Wild Dengan Aktivasi Fisika dan Aplikasinya Sebagai Adsorben*, Skripsi, IPB, Bogor.
- Ferry, J., 2002, *Pembuatan Karbon Aktif Dari Serbuk Gergaji Kayu Sebagai Adsorben Pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas*, Skripsi, FMIPA IPB, Bogor.
- Ghaedi, M., and Mosallanejad, N., 2013, Removal Heavy Metal Ions from Polluted Waters by Using of Low Cost Adsorbents: Review, *Journal of Chemistry Health Risk*, 3, 1, 07-22.
- Goldberg, S., Criscenti, L.J., Turner, D.R., Davis, J.A., and Cantrell K.J., 2007, Adsorption-Desorption Processes in Subsurface Reactive Transport Modeling, *Vadose Zone Journal Soil Science Society of America*, 6, 3, 407-435.
- Gomez-Serrano V., Fernandez-Gonzales M.C., Rojas-Cervantes M.L, Alexandre-Franco M.F and Macias-Garcia A., 2003, Carbonization and Demineralization of Coals: A Study by Means of FTIR Spectroscopy. *Bulletin of Material Sciences*, 26, 7, 721-732.
- Gregg, S.J., and Sing, K.S.W., 1982, *Adsorpsi, Surface and Porosity 2ed*, Academic Press, London.
- Gultom, E. M., dan Lubis, M. T., 2014, Aplikasi Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> Untuk Penyerapan Logam Berat Cd dan Pb, *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3, 1, 5-10.
- Gupta, A., Sharma, S., Reichenbach, P., Marjavaara, L., Nilsson, A.K., Lingner, J., Chabes, A., Rothstein, R., and Chang, M., 2013, Telomere Length Homeostasis Responds to Changes in Intracellular dNTP pools, *Genetics*, 193, 4, 1095-105.

- Harti, R., Allwar, dan Fitri, N., 2014, Karakterisasi dan Modifikasi Karbon Aktif Tempurung Kelapa Sawit Dengan Asam Nitrat Untuk Menjerap Logam Besi dan Tembaga Dalam Minyak Nilam, *Indonesian Journal of Chemical Research-Inco.J.Chem.Res*, 2, 1, 74-83.
- Hasfita, F., 2011, *Pengembangan Limbah Daun Akasia (Acacia mangium Wild) Sebagai Sorben Untuk Aplikasi Pengolahan Limbah*, Tesis, Program Studi Teknik Lingkungan, ITB, Bandung.
- Hessler, J.W., 1951, *Active Carbon*. Chemical Publishing Co Inc., Boston (MA).
- Husin, G. dan Rosnelly, C.M., 2005, *Studi Kinetika Adsorpsi Larutan Logam Timbal Menggunakan Karbon Aktif dari Batang Pisang*, Tesis, Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala Darrusalam, Banda Aceh.
- Jankowska, H., 1991, *Active Carbon*, Ellis Warwood, Polland.
- Kahn, B.E., 2002, *Hand Out Scanning Electron Microscope*.
- Khan, S.U., 1980, *Pesticides in the Soil Environment*, Elsevier, Amsterdam.
- Kilic, M., Kirbiyik, C., Cepeliogullar, O., Ayse E and Putun, 2013, Adsorption of Heavy Metal Ions from Aqueous Solutions by Bio-char, a by Product of Pyrolysis, *Applied Surface Science*, 283, 1, 856-862.
- Kim, D., 2000, Statistical Condensation Adsorption Isotherms of Gas Molecules Adsorbed on Porous Adsorbents, Surface Monolayer Adsorption Isotherms and Hysteresis Phenomena. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 17, 5, 600-612.
- Kustanto, 2000, *Karbon Aktif dalam Kehidupan Sehari-hari*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Kvech, S., and Tull, E., 1998, *Activated Carbon*, Dept. Of Civil and Environmental Engineering, VirginiaTech University, Virginia
- Manahan, S.E., 1977, *Environmental Chemistry. Second Ed*, Williard Press, Boston.
- Martin, A., Swarbick, J., dan Cammarata, A., 1993, *Farmasi Fisik 2 Edisi III*, UI Press, Jakarta.
- Martin, A., 2008, *Farmasi Fisika Dasar-Dasar Farmasi Fisik dalam Ilmu Farmasetik Edisi Ketiga jilid 2*. UI Press, Jakarta.
- McMillan, W.G., 1951, The Assumptions of the B.E.T. Theory, *J. Phys. Chem.*, 55, 1, 17-20.

- Mousavi H.Z., and Seyedi S.R., 2010, Kinetic and Equilibrium Studies on the Removal of Pb (II) From Aqueous Solution Using Nettle Ash, *Journal of the Chilean Chemical Society*, 55, 3, 307-311.
- Mudzakir, A., 2008, *Praktikum Kimia Organik*, Jurusan Pendidikan, Bandung.
- Mulyana, L., Pradiko, H., dan Nasution, K., 2003, Pemilihan Persamaan Adsorpsi Isoterm Pada Penentuan Kapasitas Adsorpsi Kulit Kacang Tanah Terhadap Zat Warna Remazol Golden Yellow 6, *Jurnal Ilmiah Nasional Infomatek Teknik Lingkungan*, 5, 3, 131-140.
- Muna, A.N., 2011, *Adsorpsi Karbon Aktif Dari Batang Pisang Sebagai Adsorben Untuk Penyerapan Ion Logam Cr (IV) Pada Air Limbah Industri*, Tugas Akhir II Jurusan Kimia FMIPA, Penerbit UNS, Semarang.
- Murdiyanto, 2005, *Senyawa Karbon*, Universitas Brawijaya, Malang.
- Murti, S., 2008, *Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung untuk Adsorpsi Molekul Amonia dan ion Krom*, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Nada, M.H., 2015, *Scanning Electron Microscopy*, Department of Chemistry, University of Iowa, BAOJ Microbio 1: 005, USA.
- Nurhasni, Hendrawati, dan Saniyyah, N., 2014, Sekam Padi untuk Menyerap Ion Logam Tembaga dan Timbal dalam Air Limbah, *Jurnal Kimia Valensi*, 4, 1, 36-44.
- Palar, H., 1994, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Penerbit Rineka Cipta, Jakarta.
- Panda, S.K., and Choudhury, S., 2005, Chromium stress in plants, *Braz. J. Plant Physiol*, 17, 1, 95-102.
- Pari, G., 1996, Kualitas Arang Aktif dan 5 Jenis Kayu, *Buletin Penelitian Hasil Hutan Pusat Penelitian Hasil Hutan, Bogor*, 14, 2, 60-68.
- Perwitasari, 2007, *Penentuan Luas Permukaan Zeolit Menggunakan Metode Adsorpsi Isotermis Superkritis CO<sub>2</sub> Dengan Model Ono-Kondo*, Departemen Teknik kimia FT-UI, Depok.
- Pope, J.P., 1996, *Activated Carbon and some Application for the Remediation of Soil and Groundwater Pollution*, *Groundwater Pollution Primer*, *Groundwater Pollution*, Civil Engineering Departement Virginia Technology, Virginia.

- Prabowo, A., 2009, *Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung Serta Aplikasinya Untuk Adsorpsi Cu, Pb, dan Amonia*, Skripsi, Universitas Indonesia, Depok.
- Prasodjo, P., 2010, *Studi Kapasitas Adsorpsi Serta Dinamika Adsorpsi dan Desorpsi Dari Nanotube Karbon Sebagai Penyimpan Hidrogen*, Tesis, Fakultas Teknik Program Studi Teknik Kimia Universitas Indonesia, Depok.
- Priatmoko, Sigit dan Cahyono, E., 1995, *Struktur dan Pembuatan Arang Aktif*, Media Pendidikan MIPA edisi No. 3 IKIP, Semarang.
- Pujiyanto, 2010, *Pembuatan Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa Dan Batubara*, Jurnal Penelitian, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok.
- Purnomo, F., Ikhrimah, F.L., Tasari, F., Wulandari, F., dan Abrianto, G., 2012, *Makalah Toksikologi Kadmium (Cd)*, Makalah, Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes, Yogyakarta.
- Quek, S.Y., 1998, The Use of Sago Waste for the Sorption of Lead and Cooper., *Water SA.*, 24, 33, 251-256.
- Rahman, M.M., Adil, M., Yusof, A.M., Kamaruzzaman, Y.B. and Ansary, R.H., 2014, Removal of Heavy Metal Ions with Acid Activated Carbons Derived from Oil Palm and Coconut Shells, *Materials*, 7, 5, 3634-3650.
- Ramke, H.G., Blohse, D., Lehmann H.J. and Fettig J., 2009, *Hydrothermal Carbonization Of Organic Waste*, University of Applied Sciences, Twelfth International Waste Management and Landfill Symposium, Sardinia, Italy.
- Raya, I., 1998, *Studi Kinetika Adsorpsi Ion Logam Al(III) dan Cr(III) pada Adsorben Chaetoceros Calcitrans Yang Terimmobilisasi pada Silika Gel*, Tesis, FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Reynolds, J.E.F., 1982, *Martindale The Extra Pharmacopoeia. Ed 28*, The Pharmaceutical Press, London.
- Rismunandar, 1986, *Mengenal Tanaman Buah-buahan*, Penerbit Sinar Baru, Bandung.
- Ristina, M., 2006, *Petunjuk Praktikum Instrumen Kimia*, STTN – Batan, Yogyakarta.

- Rokayah, S., 2016, *Analisis Struktur dan Luas Permukaan Spesifik Zeolit Berbasis Silika Sekam Padi Akibat Variasi Suhu Kalsinasi 150 °C, 250 °C, dan 350 °C*, Skripsi, FMIPA, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Rukmana, R., 1999, *Usaha Tani Pisang*, Kanisius, Yogyakarta.
- Safi'i, F.F., dan Mitarlis, 2013, Pemanfaatan Limbah Padat Proses Sintesis Pembuatan Furfural Dari Sekam Padi Sebagai Arang Aktif, *UNESA Journal of Chemistry*, 2, 2, 8-16.
- Sandi, A.P., dan Astuti, 2014, Pengaruh Waktu Aktivasi Menggunakan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> Terhadap Struktur Dan Ukuran Pori Karbon Berbasis Arang Tempurung Kemiri (*Aleurites moluccana*), *Jurnal Fisika Unand*, 3, 2, 115-120.
- Sangi, M.S., Mommart. L.I., dan Kumaunang, M., 2012, Uji Toksisitas dan Skrining Fitokimia Tepung Gabah Pelelah Aren (*Arenga Pinnata*), *Jurnal Ilmiah Sains*, 12, 2, 127-134.
- Saptadi D., Wasrin S., Nyoman, J.W., dan Akhirudi, M., 2015, Kajian Struktur Arang-Pirolisis, Arang-Hidro, dan Karbon Aktif dari Kayu (*Acacia mangium Willd.*) Menggunakan Difraksi Sinar-X. *Jurnal penelitian hasil hutan*, 33, 2, 81-92.
- Sartika, N.D., Sa'id, E.G., Machfud, Sunarti, T.C. dan Pari, G., 2014, Kajian Pembuatan Arang Aktif Berbahan Baku Bagas Tebu Melalui Kombinasi Proses Karbonisasi Hidrotermal dan Aktivasi Kimia, *Journal of Agroindustrial Technology*, 24, 2, 157-165.
- Sax, N.I., and Lewis R.J., 1987, *Hazardous Chemicals Desk Reference*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Schneider, D., Escala, M., Supawittayayothin, K. And Tippayawong, N., 2011, Characterization of Biochar From Hydrothermal Carbonization of Bamboo, *International Journal of Energy, Environment and Economics*, 2, 4, 647-652.
- Sembiring, T.M., dan Sinaga, T.S., 2003, *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)*, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Sevilla, M., and Fuertes A.B., 2009, The Production of Carbon Materials by Hydrothermal Carbonization of Cellulose, *Carbon*, 47, 9, 2281-2289.
- Shankar, J., Madan, T., Basir, F., and Sarma, P.U., 2005, Identification and Characterization of Polyubiquitin Gene From Cdna Library of *Aspergillus Fumigatus*., *Indian J. Clin. Biochem.*, 20, 1, 208-12.

- Silverstein, 2002, *Identification of Organic Compound, 3rd Edition*, John Wiley & Sons, New York.
- Singgih, H., dan Ratnawati, 2010, Pembuatan Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa Sawit Dengan Metode Aktivasi Kimia, *Jurnal Sains Material Indonesia*, 12, 1, 12-16.
- Singh, B., and Alloway, B.J., 2006, *Adsorptive Minerals to Reduce the Availability of Cadmium and Arsenic in Contaminated Soils*. School of Land, Water & Crop Sciences, University of Sidney, Australia.
- Siswati, N.D., Martini, N. dan Widyantini, W., 2015, Pembuatan Arang Aktif dari Tulang Ikan Tuna, *Jurnal Teknik Kimia*, 10, 1, 26-29.
- Skoog, D.A., Holler, F.J., and Nieman, T.A., 1998, *Principles of Instrumental Analysis 5th edition*, Saunders, Philadelphia.
- Stum, W., and Morgan, J.J., 1996, *Aquatic Chemistry*, John Wiley and Sons, New York.
- Sudibandriyo, M., 2003, *A Generalized Ono-Kondratice Model for High Pressure on Carbon Adsorben*, Ph. Dissertation, Oklahoma State University, Oklahoma.
- Sufnarski, MD., 1999, *The Regeneration of Granular Activated Carbon using Hydrothermal Technology*, Thesis, Universitas of Texas, Austin (US).
- Sugiarto, 2003, *Teknik Sampling*, Gramedia, Jakarta.
- Sugumaran, P., Susan, V.P., Ravichandran, P., and Seshadri, S., 2012, Production and Characterization of Activated Carbon from Banana Empty Fruit Bunch and *Delonix regia* Fruit Pod, *Journal of Sustainable Energy & Environmental*, 3, 3, 125-132.
- Suharto, I., 2011, *Limbah Kimia dalam Pencemaran Air dan Udara*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Sulistiyawati, S., 2008, *Modifikasi Tongkol Jagung sebagai Adsorben Logam Berat Pb (II)*, Skripsi, Fakultas MIPA IPB, Bogor.
- Suprihatin, dan Indrasti, N.S., 2010, Penyisihan Logam Berat dari Limbah Cair Laboratorium dengan Metode Presipitasi dan Adsorpsi, *Sains*, 14, 1, 44-50.
- Supriyanto, M., 2014, *Kajian Adsorpsi Ion-ion Logam Divalen Ca(II), Cu(II), dan Cd(II) Oleh Biomassa Alga Merah (Porphyridium Sp.)*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, Bandar Lampung.

- Suryawan, 2004, *Karakterisasi Zeolit Indonesia Sebagai Adsorben Uap Air*, Disertasi, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Syamsudin, K.W.A., 2016, *Pengujian Parameter Besi (Fe), Mangan (Mn) dan Total Suspended Solid (TSS) Pada Air Asam Tambang (AAT) Di Laboratorium Tanjung Enim PT. Bukit Asam (Persero) Tbk.*, Laporan Praktik Kerja Lapangan, Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Tandy, E., 2012, Kemampuan Adsorben Limbah Lateks Karet Alam Terhadap Minyak Pelumas Dalam Air, *Jurnal Teknik Kimia USU*, 1, 2, 34-38.
- Titirica, M.M., and Antonietti, M., 2010 Chemistry and Materials Options of Sustainable Carbon Materials Made by Hydrothermal Carbonization, *Chemical Society Reviews*, 39, 1, 103-116.
- Tjitrosoepomo, G., 2001, *Morfologi Tumbuhan. Cet. 13*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Trihendardi, C., 1997, *Pembuatan Karbon Aktif Dengan Metoda Chemical Impregnating Agent Dengan Bahan Baku Serbuk Gergaji dari Pohon Kelapa dan Pengujiannya Terhadap Parameter Phenol*, Tugas Akhir S1, Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS, Surabaya.
- Vinsiah, R., Suharman, A., dan Desi, 2015, *Pembuatan Karbon Aktif Dari Cangkang Kulit Buah Karet (Hevea brasiliensis)*, Jurnal Program Studi Pendidikan Kimia FKIP Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Vouk., 1986, *Pemanfaatan Arang Aktif Sebagai Adsorban Logam Berat Dalam Air Lindi di TPA Pakusari Jember*, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.
- Wang, C., Tang, K., Yang, Q., and Qian, Y., 2001, Synthesis of Novel SbSI Nanorods by A Hydrothermal Method, *Article in Inorganic Chemistry Communications*, 4, 7, 339-341.
- Wibowo, N., Setiawan, J., dan Ismadji, S., 2004, Modifikasi Gugus Aktif Suatu Karbon Aktif Dan Karakterisasinya, *J. Tek. Kim. Ind.*, 3, 1, 39-46.
- Widowati, W., 2008, *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Wiwaha, D.A., 2007, *Analisis Pengendalian Pasokan Pisang Cavendish Berdasarkan Hasil Ramalan Penjualan Time Series Terbaik Untuk Wilayah Pemasaran Jabotabek Pada PT Sewu Segar Nusantara*, IPB, Bogor.

- Zhang, C., Wang, H., Xu, H., Wang, B., and Yan, H., 2003, Low Temperature Hydrothermal Synthesis Of Spinel-Type Lithium Manganese Oxide Nanocrystallites. *Solid State Ionics*, 158, 1-2, 113-117.
- Zuhroh, N., 2015, *Adsorpsi Krom (VI) Oleh Arang Aktif Serabut Kelapa (Cocos Nucifera) Serta Imobilisasinya Sebagai Campuran Batako*, Skripsi, Jurusan Kimia FMIPA UNS, Semarang.
- Zulfa, A., 2011, *Uji Adsorpsi Gas Karbon Monoksida (CO) Menggunakan Zeolit Alam Malang dan Lampung*, Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.







**LAMPIRAN**

## LAMPIRAN 1

### PERHITUNGAN

#### 1. Penentuan Kadar Air

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{a - b}{c} \times 100\%$$

Dengan : a = berat cawan + sampel (awal) gram

b = berat cawan + sampel kering (akhir) gram

c = berat sampel awal (gram)

$$\begin{aligned} \% \text{ Kadar Air} &= \frac{65,2559 - 65,0765}{2,0008} \times 100\% \\ &= 8,9664 \% \end{aligned}$$

#### 2. Penentuan Kadar Abu

$$\% \text{ Kadar Abu} = \frac{a - b}{c} \times 100\%$$

Dengan : a = berat cawan + sampel (awal) gram

b = berat cawan + sampel kering (akhir) gram

c = berat sampel awal (gram)

$$\begin{aligned} \% \text{ Kadar Air} &= \frac{33,7803 - 33,7481}{2,0008} \times 100\% \\ &= 1,6094 \% \end{aligned}$$

#### 3. Pembuatan Larutan Induk Pb (II) 1000 ppm

$Ar \text{ Pb}$	$= 207 \text{ gram/mol}$
$Mr \text{ Pb(NO}_3)_2$	$= 331,2 \text{ gram/mol}$

$$\frac{Mr \text{ Pb(NO}_3)_2}{Ar \text{ Pb}} = \frac{331,2 \text{ gram/mol}}{207 \text{ gram/mol}}$$

$$= 1,6 \text{ gram}$$

$$\text{Massa Pb(NO}_3)_2 \text{ dalam } 99,5\% = 1,6 \text{ gram} \times \frac{100 \%}{99,5 \%}$$

$$= 1,6080 \text{ gram dlm } 1\text{L}$$

$$= 0,8040 \text{ gram dlm } 500 \text{ mL}$$

**4. Pembuatan larutan standar Pb (II) untuk aplikasi konsentrasi :**

**50 ppm**

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$50 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ ml} = 1000 \text{ ppm} \cdot V_2$$

$$V_2 = 5 \text{ ml}$$

**100 ppm**

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$100 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ ml} = 1000 \text{ ppm} \cdot V_2$$

$$V_2 = 10 \text{ ml}$$

**150 ppm**

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$150 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ ml} = 1000 \text{ ppm} \cdot V_2$$

$$V_2 = 15 \text{ ml}$$

**200 ppm**

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$200 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ ml} = 1000 \text{ ppm} \cdot V_2$$

$$V_2 = 20 \text{ ml}$$

**5. Pembuatan larutan standar Pb (II) konsentrasi :**

**1 ppm**

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$1 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ ml} = 100 \text{ ppm} \cdot V_2$$

$$V_2 = 1 \text{ ml}$$

**5 ppm**

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$5 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ ml} = 100 \text{ ppm} \cdot V_2$$

$$V_2 = 5 \text{ ml}$$

**10 ppm**

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$10 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ ml} = 100 \text{ ppm} \cdot V_2$$

$$V_2 = 10 \text{ ml}$$

**15 ppm**

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$15 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ ml} = 100 \text{ ppm} \cdot V_2$$

$$V_2 = 15 \text{ ml}$$

**20 ppm**

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$20 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ ml} = 100 \text{ ppm} \cdot V_2$$

$$V_2 = 20 \text{ ml}$$

**6. Pembuatan Larutan Induk Cr (VI) 1000 ppm**

$Ar \text{ Cr}$	$= 51,996 \text{ gram/mol}$
$Mr \text{ K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	$= 294,16 \text{ gram/mol}$

$$\frac{Mr \text{ K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}{Ar \text{ Cr}} = \frac{294,16 \text{ gram/mol}}{2 \times 51,996 \text{ gram/mol}}$$

$$= 2,8287 \text{ gram dlm 1L}$$

$$= 1,4143 \text{ gram dlm 500 mL}$$

**7. Pembuatan larutan standar Cr (VI) untuk Aplikasi konsentrasi :**

**50 ppm**

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$50 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ ml} = 1000 \text{ ppm} \cdot V_2$$

$$V_2 = 5 \text{ ml}$$

**100 ppm**

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$100 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ ml} = 1000 \text{ ppm} \cdot V_2$$

$$V_2 = 10 \text{ ml}$$

**150 ppm**

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$150 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ ml} = 1000 \text{ ppm} \cdot V_2$$

$$V_2 = 15 \text{ ml}$$

**200 ppm**

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$200 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ ml} = 1000 \text{ ppm} \cdot V_2$$

$$V_2 = 20 \text{ ml}$$

**8. Pembuatan larutan standar logam Cr (VI) konsentrasi :**

**0,5 ppm**

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$0,5 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ ml} = 100 \text{ ppm} \cdot V_2$$

$$V_2 = 0,5 \text{ ml}$$

**1 ppm**

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$1 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ ml} = 100 \text{ ppm} \cdot V_2$$

$$V_2 = 1 \text{ ml}$$

**1,5 ppm**

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$1,5 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ ml} = 100 \text{ ppm} \cdot V_2$$

$$V_2 = 1,5 \text{ ml}$$

**2,0 ppm**

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$2,0 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ ml} = 100 \text{ ppm} \cdot V_2$$

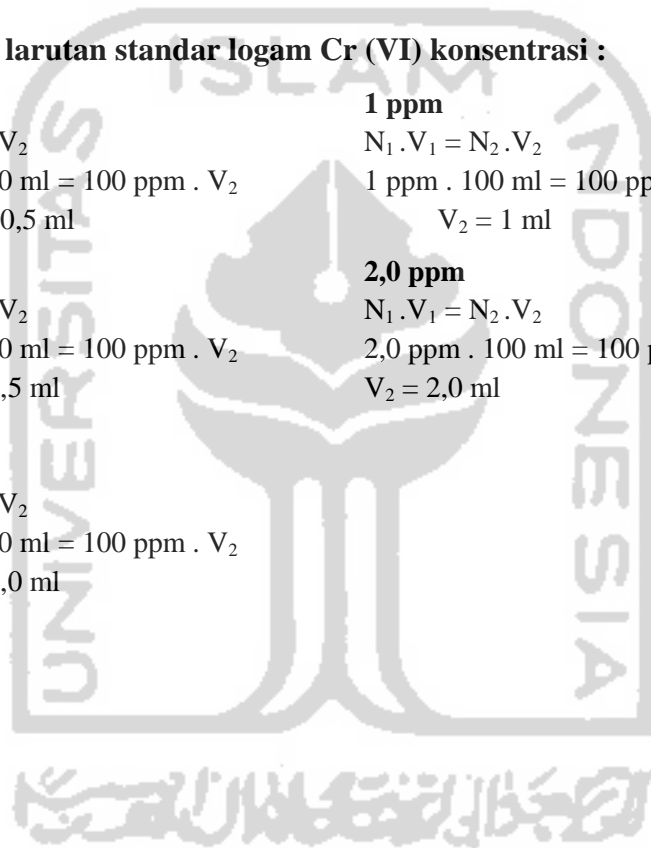
$$V_2 = 2,0 \text{ ml}$$

**3,0 ppm**

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$3,0 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ ml} = 100 \text{ ppm} \cdot V_2$$

$$V_2 = 3,0 \text{ ml}$$



## LAMPIRAN 2

### ANALISIS DATA

#### 1. Penentuan pH optimum

##### Ion Logam Pb (II)

pH	w (g)	t (menit)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Abs	qe (mg/g)	% Adsorpsi
3	0,5	45	100	41,60	0,0525	5,840	58,40
5	0,5	45	100	13,00	0,0152	8,700	87,00
7	0,5	45	100	25,90	0,0327	7,410	74,10
8	0,5	45	100	22,20	0,0252	7,780	77,80
10	0,5	45	100	31,54	0,0360	6,846	68,46

##### Ion Logam Cr (VI)

pH	w (g)	t (menit)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Abs	qe (mg/g)	% Adsorpsi
3	0,5	45	100	52,00	0,0068	4,800	48,00
5	0,5	45	100	49,30	0,0064	5,070	50,70
7	0,5	45	100	65,00	0,0085	3,500	35,00
8	0,5	45	100	94,30	0,0123	0,570	5,70
10	0,5	45	100	82,90	0,0108	1,710	17,10

#### 2. Penentuan Massa Karbon Optimum

##### Ion Logam Pb (II)

pH	w (g)	t (menit)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Abs	qe (mg/g)	% Adsorpsi
5	0,5	45	100	29,70	0,0352	7,030	70,30
5	1,0	45	100	13,00	0,0152	4,350	87,00
5	1,5	45	100	3,09	0,0063	3,230	96,91
5	2,0	45	100	1,54	0,0047	2,462	98,46

**Ion Logam Cr (VI)**

pH	w (g)	t (menit)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Abs	qe (mg/g)	% Adsorpsi
5	0,5	45	100	46,10	0,0044	5,390	53,90
5	1,0	45	100	49,30	0,0064	2,535	50,70
5	1,5	45	100	27,00	0,0026	2,433	73,00
5	2,0	45	100	16,00	0,0015	2,100	84,00

**3. Penentuan Waktu Kontak Optimum****Ion Logam Pb (II)**

pH	w (g)	t (menit)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Abs	qe (mg/g)	% Adsorpsi
5	2	30	100	4,40	0,0053	2,390	95,60
5	2	45	100	1,54	0,0047	2,462	98,46
5	2	60	100	0,56	0,0067	2,486	99,44
5	2	75	100	0,49	0,0059	2,488	99,51

**Ion Logam Cr (VI)**

pH	w (g)	t (menit)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Abs	qe (mg/g)	% Adsorpsi
5	2	30	100	18,00	0,0017	2,050	82,00
5	2	45	100	16,00	0,0015	2,100	84,00
5	2	60	100	9,10	0,0008	2,273	90,90
5	2	75	100	4,50	0,0003	2,388	95,50

**4. Penentuan Kapasitas Adsorpsi Maksimum****Ion Logam Pb (II)**

pH	w (g)	t (menit)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Abs	qe (mg/g)	% Adsorpsi
5	2	75	50	0,08	0,0097	1,2480	99,84
5	2	75	100	0,49	0,0059	2,4878	99,51
5	2	75	150	16,00	0,0199	3,3500	89,33
5	2	75	200	25,00	0,0304	4,3750	87,50

**Ion Logam Cr (VI)**

pH	w (g)	t (menit)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Abs	qe (mg/g)	% Adsorpsi
5	2	75	50	0,40	0,0039	1,2399	99,19
5	2	75	100	4,50	0,0003	2,3875	95,50
5	2	75	150	38,40	0,0037	2,7900	74,40
5	2	75	200	59,70	0,0057	3,5075	70,15

**4.2 Isoterm Langmuir  
Ion Logam Pb (II)**

Ce	Ce/qe	qm (mg/g)	kL (L/mg)	r <sup>2</sup>
0,0800	0,064102564	4,1736	1,2119	0,9693
0,4900	0,196965129			
16,0000	4,776119403			
25,0000	5,714285714			

**Ion Logam Cr (VI)**

1/Ce	1/qe	qm (mg/g)	kL (L/mg)	r <sup>2</sup>
0,4060	0,3275	3,4200	0,4058	0,9767
4,5000	1,8848			
38,4000	13,7634			
59,7000	17,0207			

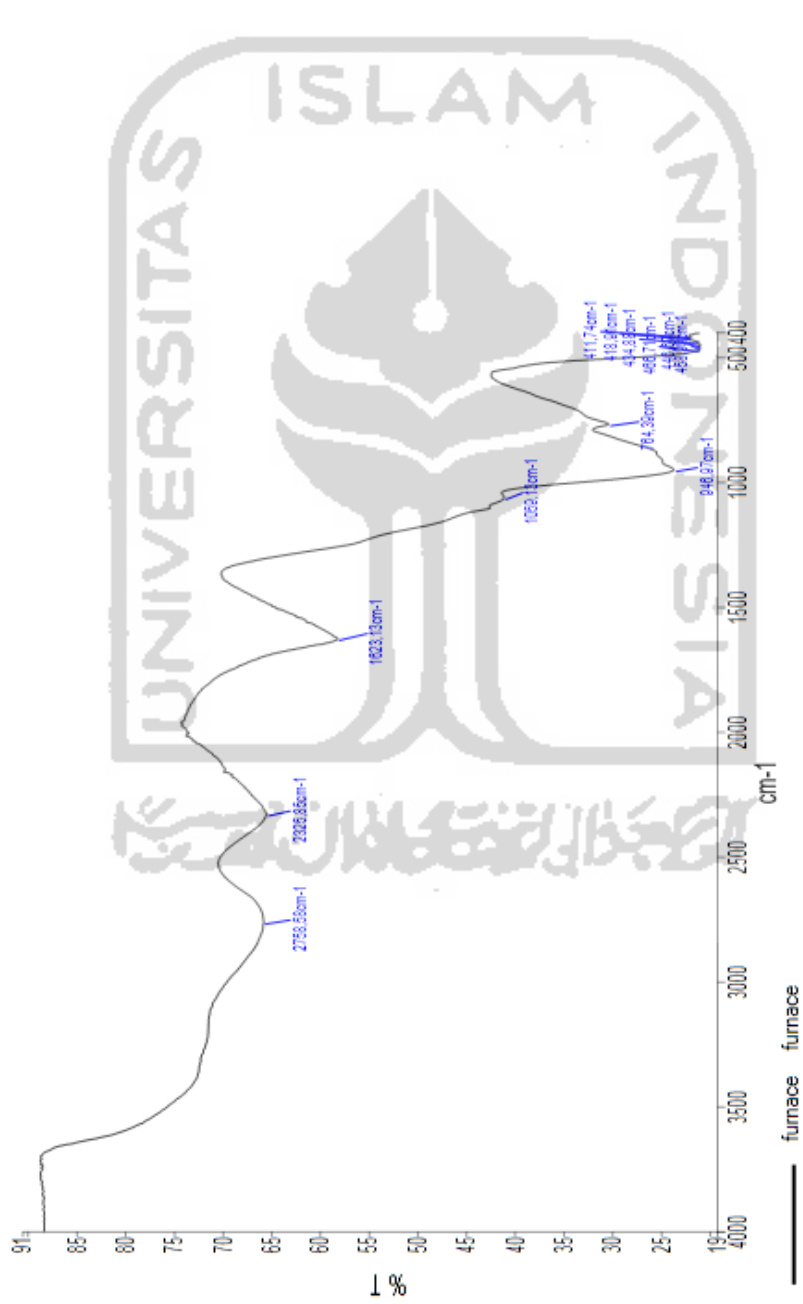
**4.3 Isoterm Freundlich  
Ion Logam Pb (II)**

Log Ce	Log qe	k <sub>F</sub>	n	r <sup>2</sup>
-1,09691	0,096214585	2,2867	5,4025	0,9019
-0,3098039	0,395806735			
1,20412	0,525044807			
1,39794	0,640978057			

**Ion Logam Cr (VI)**

Log Ce	Log qe	K <sub>F</sub>	n	r <sup>2</sup>
-0,391474	0,093369146	1,5642	5,2882	0,9389
0,6532125	0,37794338			
1,5843312	0,445604203			
1,7759743	0,54499768			

Analyst Administrator  
Date 23 Maret 2017 15:31



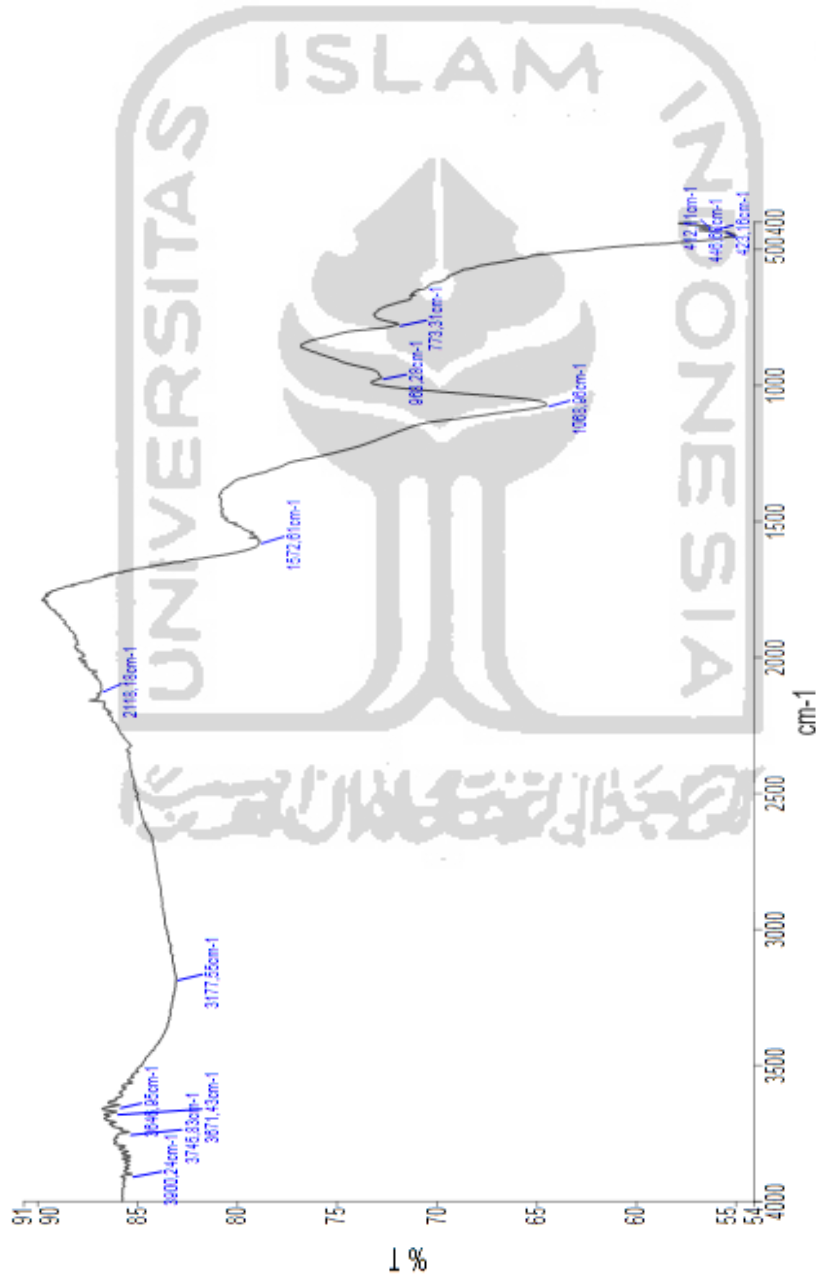
Source Spectra Results	
Spectrum Name	furnace
Number Of Peaks	12



List of Peak Area/Height

Peak Number	X (cm <sup>-1</sup> )	Y (%T)
1	2758,58	65,88
2	2325,85	65,53
3	1623,13	58,27
4	1059,13	41,15
5	946,97	23,68
6	764,39	30,4
7	466,71	21,03
8	458,99	20,94
9	446,67	20,95
10	434,88	21,15
11	418,91	21,89
12	411,74	21,97

Analyst Administrator  
Date 23 Maret 2017 15:30



— C aktif KLANA Sample 004 By Administrator Date Selasa, November 29 2016

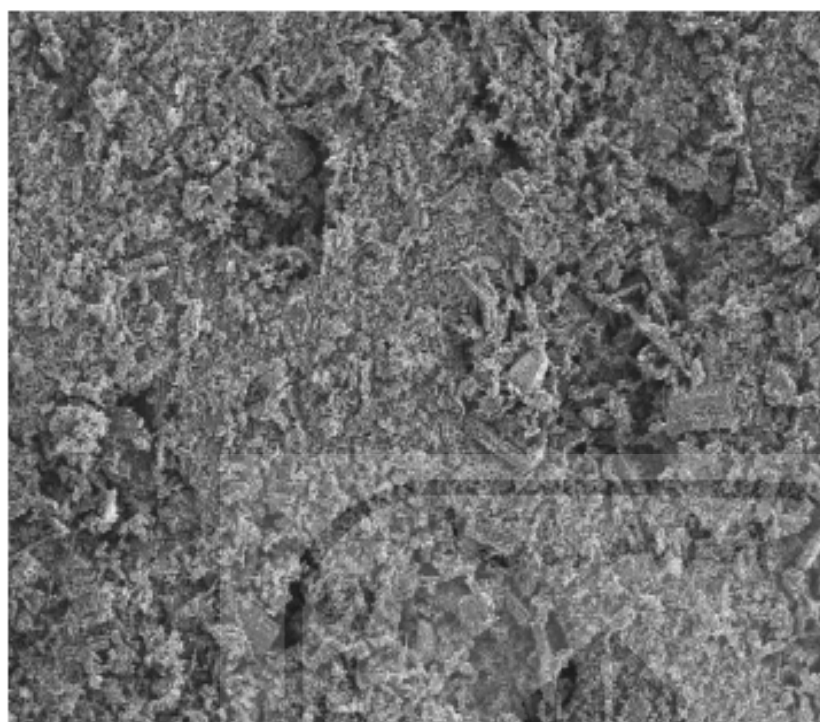
Source Spectra Results	
Spectrum Name	C aktif KLANA
Number Of Peaks	13

List of Peak Area/Height

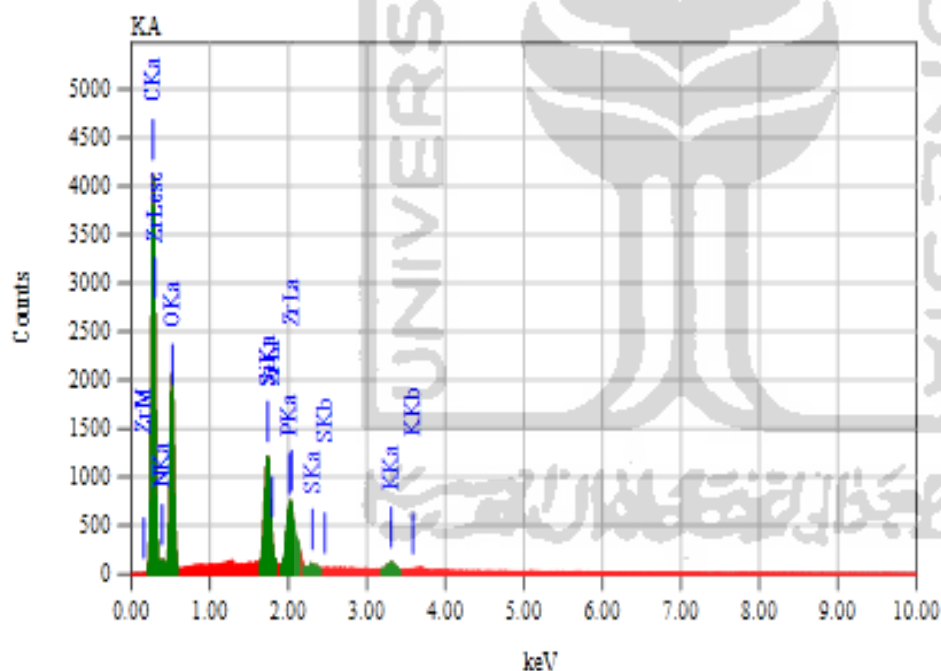
Peak Number	X (cm <sup>-1</sup> )	Y (%T)
1	3900.24	85.31
2	3745.83	85.44
3	3671.43	86.08
4	3646.95	85.95
5	3177.55	83.08
6	2118.18	86.82
7	1572.61	78.89
8	1068.96	64.49
9	968.28	72.78
10	773.31	71.93
11	446.68	54.97
12	423.16	56.23
13	412.11	56.25

KA

JEOL 1/1



Title	: IMG1
Instrument	: 6510(LA)
Volt	: 10.00 kV
Mag.	: x 100
Date	: 2017/02/27
Pixel	: 512 x 384

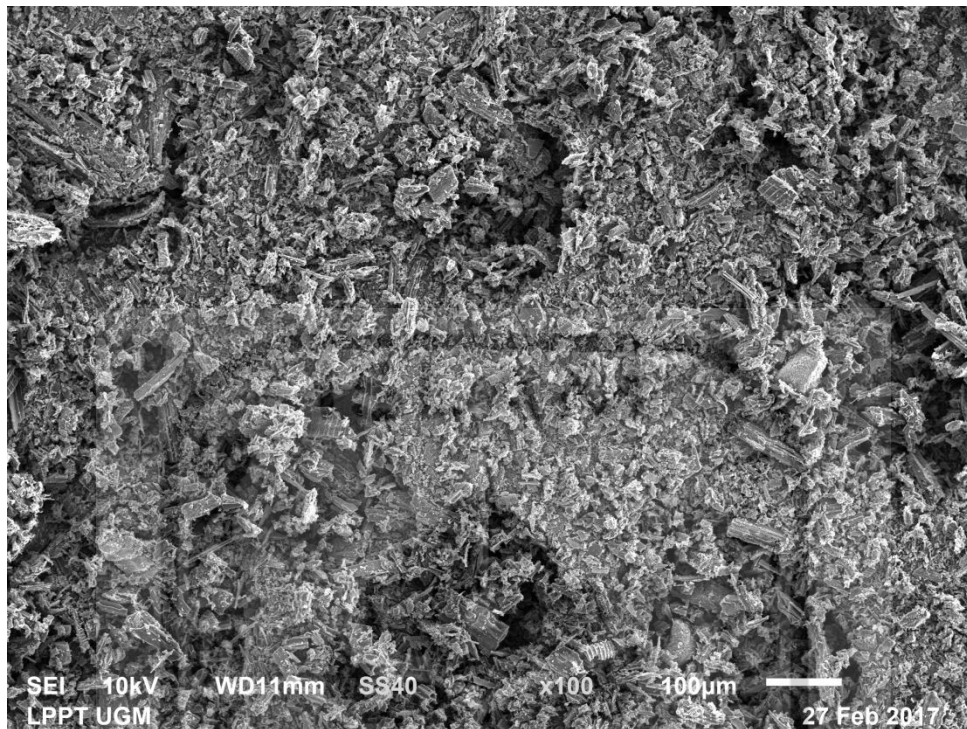


Acquisition Parameter	
Instrument	: 6510(LA)
Acc. Voltage	: 10.0 kV
Probe Current	: 1.00000 nA
PHA mode	: T3
Real Time	: 31.05 sec
Live Time	: 30.00 sec
Dead Time	: 2 %
Counting Rate	: 3132 cps
Energy Range	: 0 - 20 keV

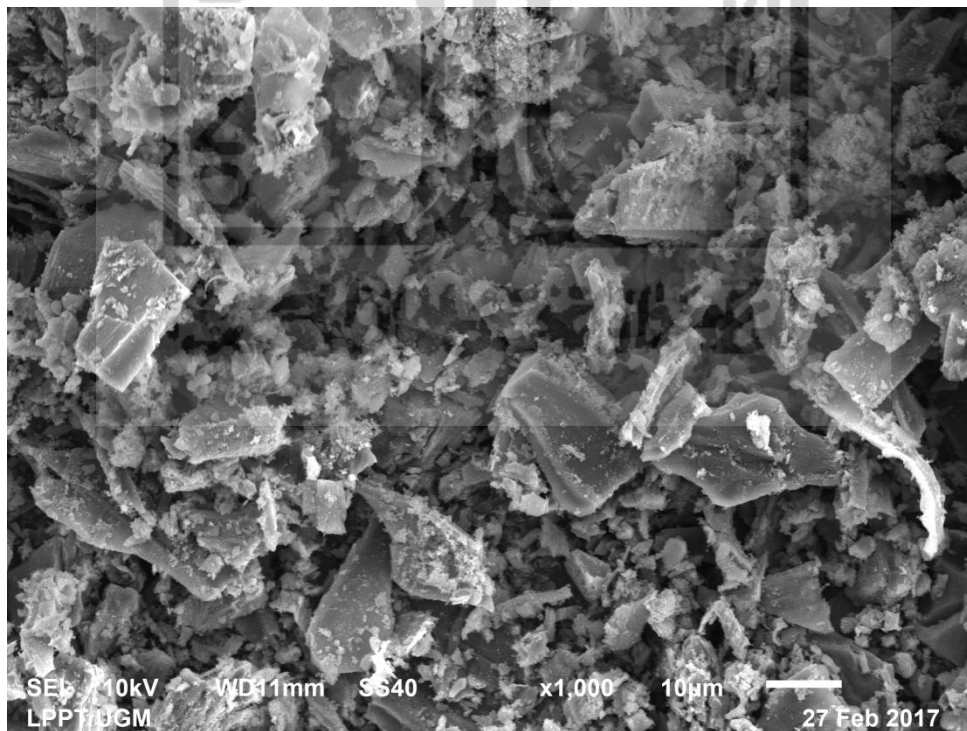
## ZAF Method Standardless Quantitative Analysis

Fitting Coefficient : 0.1237

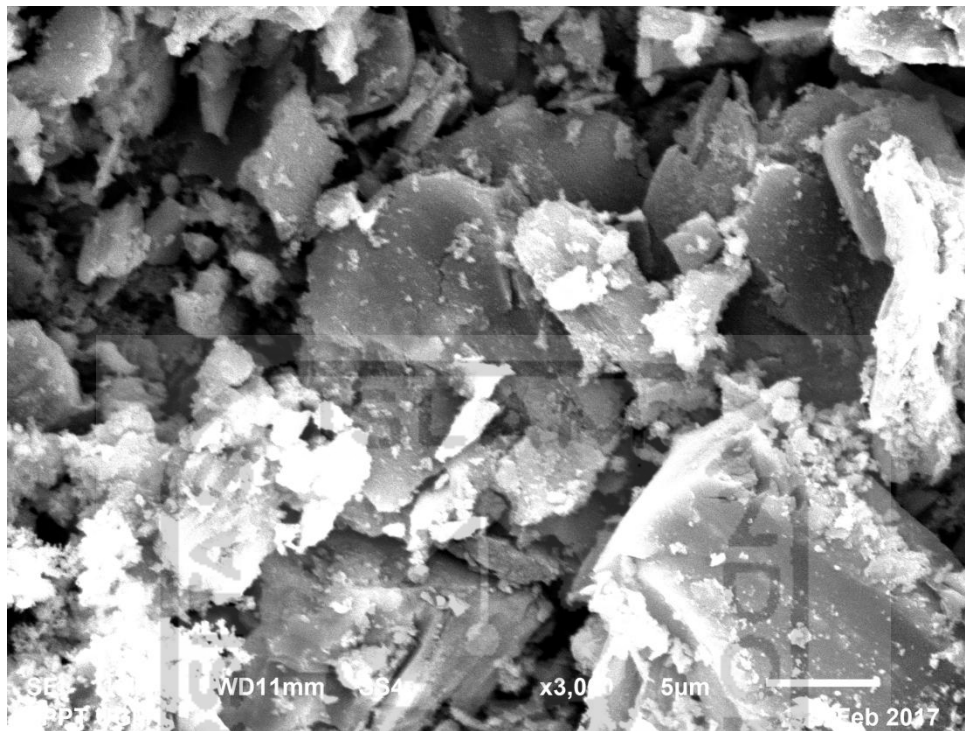
Element	(keV)	Mass%	Sigma	Atom%	Compound	Mass%	Cation	K
C	0.277	44.36	0.14	55.48				35.7809
N	0.392	12.04	0.23	12.91				12.2048
O	0.525	27.34	0.23	25.67				27.6713
Si	1.739	5.72	0.08	3.06				9.7446
P	2.013	2.26	0.07	1.10				3.2841
S	2.307	0.52	0.03	0.24				0.8365
K	3.312	1.23	0.06	0.47				2.0902
Zr	2.042	6.53	0.17	1.08				8.3876
Total		100.00		100.00				

**HASIL MORFOLOGI SEM**

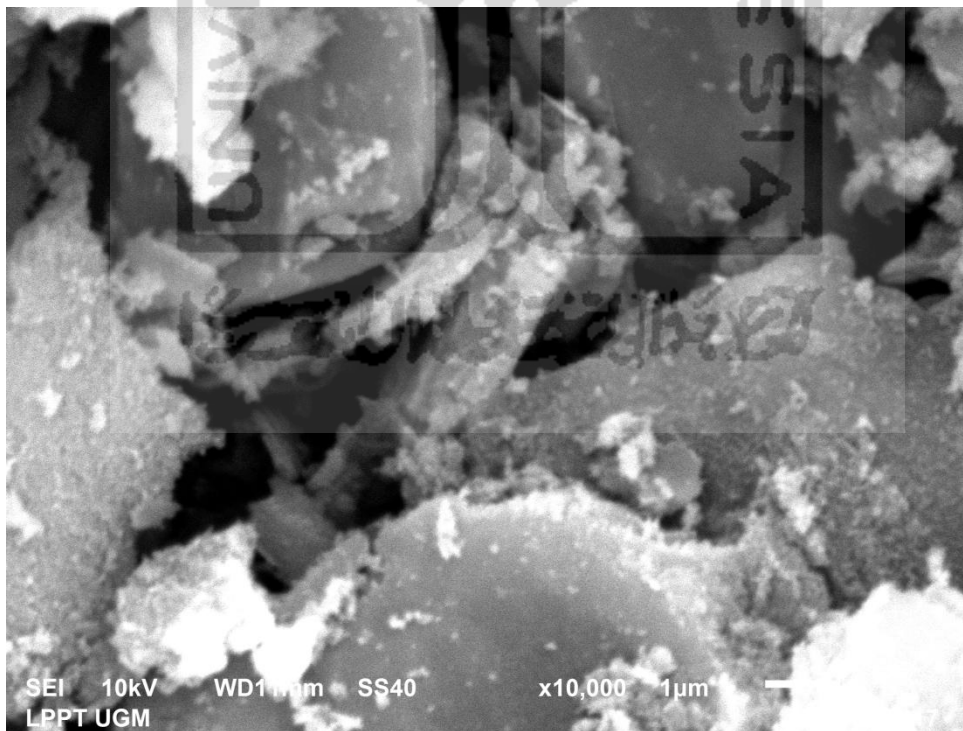
PERBESARAN 100x



PERBESARAN 1000x



PERBESARAN 3000x



PERBESARAN 10.000x



# Spektrofotometer Serapan Atom

## pH Optimum

Report # 162 Version 3.94C 0:07:45 Power-up # 51  
 Calibration Report Meth: Air/Acet Abs Lamp 3  
 Anl: Pb-AA-283.2-lib3 Lamp: Pb Buck sci Wavl: 283.2 nm Slit: 0.7nm  
 No Bkgnd Compensation DC Suppr: On Intgr Time: 3.0 S  
 Data Time: 56mS Ave HCL Curr: 2.0 mA Min HCL Curr: 0.0mA Bkg Gain: 1  
 Peak HCL Curr: 8.0 mA  
 Energy: Sample: 5.132

Ref	Time	Cup	Sample	Abs
1	0:07:54	151	Std1-Blank	0.00000
2	0:08:23	155	Std5	0.2003
3	0:08:29	155	Std5	0.1997
Stats Abs: n=2 ave=0.20002 sd=0.00040 cv=0.20 %				
4	0:09:23	156	Std6	0.2362
5	0:09:29	156	Std6	0.2369
Stats Abs: n=2 ave=0.23655 sd=0.00053 cv=0.22 %				

Energy: Sample: 5.135  
 Results from Calculation:

Data:	Cup	Name	Conc	Abs
	151	Std1-Blank	0.00000	0.000000
	152	Std2-Max	1.00000	0.013008
	153	Std3	5.00000	0.069882
	154	Std4	10.00000	0.110777
	155	Std5	15.00000	0.200018
	156	Std6	20.00000	0.236553
Max Conc:	20.00 ppm	Conc Coef:	79.11359 ppm	
C2: 0.000000	C3: 0.000000	C4: 0.000000	Reslope Std:	20.00 ppm

End of Report # 162

Report # 163 Version 3.94C 0:11:54 Power-up # 51  
 Sample Grp: Meth: Air/Acet Abs Lamp 3  
 Anl: Pb-AA-283.2-lib3 Lamp: Pb Buck sci Wavl: 283.2 nm Slit: 0.7nm  
 No Bkgnd Compensation DC Suppr: On Intgr Time: 3.0 S  
 Data Time: 56mS Ave HCL Curr: 2.0 mA Min HCL Curr: 0.0mA Bkg Gain: 1  
 Peak HCL Curr: 8.0 mA  
 Max Conc: 20.00 ppm Conc Coef: 79.11359 ppm  
 C2: 0.000000 C3: 0.000000 C4: 0.000000 Reslope Std: 20.00 ppm  
 Energy: Sample: 5.134

Ref	Time	Cup	Sample	Concentration	Abs
1	0:12:06	1	S1	-0.16 ppm	-0.0021
2	0:12:24	2	S2	Cancelled By Operator	

Energy: Sample: 5.136

End of Report # 163 Cancelled by Operator

Report # 164 Version 3.94C 0:12:45 Power-up # 51  
 Sample Grp: Meth: Air/Acet Abs Lamp 3  
 Anl: Pb-AA-283.2-lib3 Lamp: Pb Buck sci Wavl: 283.2 nm Slit: 0.7nm  
 No Bkgnd Compensation DC Suppr: On Intgr Time: 3.0 S  
 Data Time: 56mS Ave HCL Curr: 2.0 mA Min HCL Curr: 0.0mA Bkg Gain: 1  
 Peak HCL Curr: 8.0 mA



C2: 0.000000 C3: 0.000000 C4: 0.000000 Reslope Std: 20.00 ppm  
 Energy: Sample: 5.134

Ref	Time	Cup	Sample	Concentration	Abs
1	0:12:53	1	S1	0.08 ppm	0.0011
2	0:13:36	2	S2	0.02 ppm	0.0003
3	0:14:24	3	S3	0.06 ppm	0.0008
4	0:15:17	4	S4	-0.11 ppm	-0.0015
5	0:16:15	5	S5	-0.16 ppm	-0.0021
6	0:17:19	6	S6	-0.04 ppm	-0.0007
7	0:19:39	7	S7	4.16 ppm	0.0525
8	0:22:53	8	S8	1.30 ppm	0.0152
9	0:23:37	9	S9	2.59 ppm	0.0327
10	0:24:26	10	S10	2.22 ppm	0.0252
11	0:25:07	11	S11	3.15 ppm	0.0360
12	0:25:42	12	S12	Cancelled by Operator	

Energy: Sample: 5.135

End of Report # 164 Cancelled by Operator

Report # 165 Version 3.94C 0:33:18 Power-up # 51  
 Calibration Report Meth: Air/Acet Abs Lamp 3  
 Anl: Cr-AA-357.9-lib3 Lamp: Cr Buck Sci Wavl: 357.9 nm Slit: 0.7nm  
 No Bkgnd Compensation DC Suppr: On Intgr Time: 3.0 S  
 Data Time: 56mS Ave HCL Curr: 1.0 mA Min HCL Curr: 0.0mA Bkg Gain: 1  
 Peak HCL Curr: 8.0 mA  
 Energy: Sample: 5.236

Ref	Time	Cup	Sample	Concentration	Abs
1	0:33:27	151	Std1-Blank	Autozero	0.0013
2	0:33:53	152	Std2-Max	delta: 0.0067	0.0067
3	0:33:58	152	Std2-Max		0.0061
Stats Abs:		n=2	ave=0.00638	sd=0.00045	cv=7.03 %
4	0:34:39	153	Std3		0.0133
5	0:34:44	153	Std3		0.0129
Stats Abs:		n=2	ave=0.01311	sd=0.00032	cv=2.41 %
6	0:35:30	154	Std4		0.0187
7	0:35:34	154	Std4		0.0188
Stats Abs:		n=2	ave=0.01875	sd=0.00001	cv=0.07 %
8	0:36:34	155	Std5		0.0234
9	0:36:39	155	Std5		0.0252
Stats Abs:		n=2	ave=0.02431	sd=0.00131	cv=5.37 %
10	0:37:13	156	Std6		0.0418
11	0:37:17	156	Std6		0.0437
Stats Abs:		n=2	ave=0.04274	sd=0.00130	cv=3.04 %

Energy: Sample: 5.232

Results from Calculation:

Data:	Cup	Name	Conc	Abs
	151	Std1-Blank	0.00000	0.000000
	152	Std2-Max	0.50000	0.006381
	153	Std3	1.00000	0.013110
	154	Std4	1.50000	0.018749
	155	Std5	2.00000	0.024311
	156	Std6	3.00000	0.042738

Max Conc: 3.000 ppm Conc Coef: 76.86231 ppm

C2: 0.000000 C3: 0.000000 C4: 0.000000 Reslope Std: 3.000 ppm

End of Report # 165

Report # 166 Version 3.94C 0:43:10 Power-up # 51  
 Sample Grp: Meth: Air/Acet Abs Lamp 3  
 Anl: Cr-AA-357.9-lib3 Lamp: Cr Buck Sci Wavl: 357.9 nm Slit: 0.7nm  
 No Bkgnd Compensation DC Suppr: On Intgr Time: 3.0 S  
 Data Time: 56mS Ave HCL Curr: 2.0 mA Min HCL Curr: 0.0mA Bkg Gain: 1  
 Peak HCL Curr: 8.0 mA  
 Max Conc: 3.000 ppm Conc Coef: 76.86231 ppm  
 C2: 0.000000 C3: 0.000000 C4: 0.000000 Reslope Std: 3.000 ppm  
 Energy: Sample: 5.225

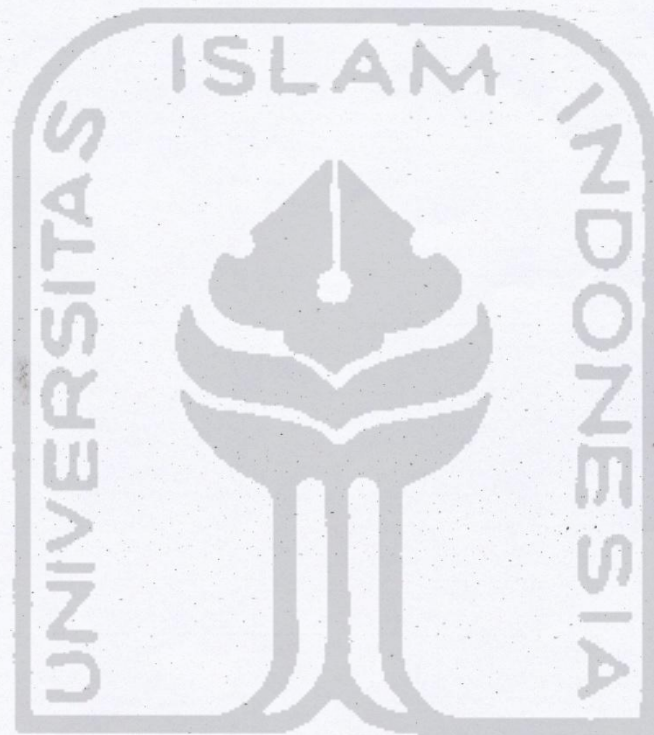
Ref	Time	Cup	Sample	Concentration	Abs
1	0:43:18	1	S1	0.520 ppm	0.0068
2	0:43:58	2	S2	0.493 ppm	0.0064



Ref	Time	Cup	Sample	Concentration	Abs
1	0:43:18	1	S1	0.520 ppm	0.0068
2	0:43:58	2	S2	0.493 ppm	0.0064
3	0:44:26	3	S3	0.650 ppm	0.0085
4	0:44:51	4	S4	0.943 ppm	0.0123
5	0:45:15	5	S5	0.829 ppm	0.0108
6	0:45:30	6	S6	Cancelled by Operator	

Energy: Sample: 5.229

End of Report # 166 Canceled by Operator



جامعة الإسلام في اندونيسيا



# Massa Karbon Optimum

Report # 207 Version 3.94C 0:26:54 Power-up # 56  
 Calibration Report Meth: Air/Acet Abs Lamp 3  
 Anl: Pb-AA-283.2-lib3 Lamp: Pb Buck sci Wavl: 283.2 nm Slit: 0.7nm  
 No Bkgnd Compensation DC Suppr: On Intgr Time: 3.0 S  
 Data Time: 56mS Ave HCL Curr: 2.0 mA Min HCL Curr: 0.0mA Bkg Gain: 1  
 Peak HCL Curr: 8.0 mA  
 Energy: Sample: 5.103

Ref	Time	Cup	Sample	Autozero	deltas:	Abs
1	0:27:03	151	Std1-Blank		0.0006	0.0000
2	0:27:57	152	Std2-Max			0.0100
3	0:28:02	152	Std2-Max			0.0104
Stats Abs:		n=2	ave=0.01023		sd=0.00030	cv=2.89 %
4	0:28:52	153	Std3			0.0690
5	0:28:57	153	Std3			0.0695
Stats Abs:		n=2	ave=0.06926		sd=0.00032	cv=0.46 %
6	0:29:49	154	Std4			0.1127
7	0:29:54	154	Std4			0.1120
Stats Abs:		n=2	ave=0.11236		sd=0.00049	cv=0.43 %
8	0:30:39	155	Std5			0.1771
9	0:30:44	155	Std5			0.1750
Stats Abs:		n=2	ave=0.17610		sd=0.00148	cv=0.84 %
10	0:31:25	156	Std6			0.2166
11	0:31:29	156	Std6			0.2150
Stats Abs:		n=2	ave=0.21582		sd=0.00112	cv=0.52 %

Energy: Sample: 5.108  
 Results from Calculation:

Data:	Cup	Name	Conc	Abs
	151	Std1-Blank	0.00000	0.000000
	152	Std2-Max	1.00000	0.010235
	153	Std3	5.00000	0.069262
	154	Std4	10.00000	0.112363
	155	Std5	15.00000	0.176095
	156	Std6	20.00000	0.215816

Max Conc: 20.00 ppm Conc Coef: 84.17857 ppm  
 C2: 0.000000 C3: 0.000000 C4: 0.000000 Reslope Std: 20.00 ppm  
 End of Report # 207

Report # 208 Version 3.94C 0:33:01 Power-up # 56  
 Sample Grp: Meth: Air/Acet Abs Lamp 3  
 Anl: Pb-AA-283.2-lib3 Lamp: Pb Buck sci Wavl: 283.2 nm Slit: 0.7nm  
 No Bkgnd Compensation DC Suppr: On Intgr Time: 3.0 S  
 Data Time: 56mS Ave HCL Curr: 2.0 mA Min HCL Curr: 0.0mA Bkg Gain: 1  
 Peak HCL Curr: 8.0 mA  
 Max Conc: 20.00 ppm Conc Coef: 84.17857 ppm  
 C2: 0.000000 C3: 0.000000 C4: 0.000000 Reslope Std: 20.00 ppm  
 Energy: Sample: 5.068

Ref	Time	Cup	Sample	Concentration	Abs
1	0:33:08	1	S1	2.970 ppm	0.0352
2	0:33:56	2	S2	0.309 ppm	0.0063
3	0:34:34	3	S3	0.154 ppm	0.0047
4	0:35:14	4	S4	Cancelled by Operator	

Energy: Sample: 5.109  
 End of Report # 208 Cancelled by Operator

Report # 209 Version 3.94C 0:39:11 Power-up # 56  
 Calibration Report Meth: Air/Acet Abs Lamp 3  
 Anl: Cr-AA-357.9-lib3 Lamp: Cr Buck Sci Wavl: 357.9 nm Slit: 0.7nm  
 No Bkgnd Compensation DC Suppr: On Intgr Time: 3.0 S  
 Data Time: 56mS Ave HCL Curr: 2.0 mA Min HCL Curr: 0.0mA Bkg Gain: 1  
 Peak HCL Curr: 8.0 mA  
 Energy: Sample: 3.263

Ref	Time	Cup	Sample	Abs
-----	------	-----	--------	-----







## Waktu Kontak Optimum

Report # 230 Version 3.94C 0:24:10 Power-up # 60  
 Sample Grp: Meth: Air/Acet Abs Lamp 3  
 Anl: Pb-AA-283.2-lib3 Lamp: Pb Buck sci Wavl: 283.2 nm Slit: 0.7nm  
 No Bkgnd Compensation DC Suppr: On Intgr Time: 3.0 S  
 Data Time: 56mS Ave HCL Curr: 2.0 mA Min HCL Curr: 0.0mA Bkg Gain: 1  
 Peak HCL Curr: 8.0 mA  
 Max Conc: 20.00 ppm Conc Coef: 83.52640 ppm  
 C2: 0.000000 C3: 0.000000 C4: 0.000000 Reslope Std: 20.00 ppm  
 Energy: Sample: 5.014

Ref	Time	Cup	Sample	Concentration	Abs
1	0:24:20	1	S1	0.440 ppm	0.0053
2	0:24:43	2	S2	0.056 ppm	0.0067
3	0:25:13	3	S3	0.049 ppm	0.0059
4	0:25:44	4	S4	Cancelled by Operator	

Energy: Sample: 5.018  
 End of Report # 230 Cancelled by Operator

Report # 231 Version 3.94C 0:29:46 Power-up # 60  
 Calibration Report Meth: Air/Acet Abs Lamp 3  
 Anl: Cr-AA-357.9-lib3 Lamp: Cr Buck Sci Wavl: 357.9 nm Slit: 0.7nm  
 No Bkgnd Compensation DC Suppr: On Intgr Time: 3.0 S  
 Data Time: 56mS Ave HCL Curr: 2.0 mA Min HCL Curr: 0.0mA Bkg Gain: 1  
 Peak HCL Curr: 8.0 mA  
 Energy: Sample: 5.053

Ref	Time	Cup	Sample	Concentration	Abs
1	0:29:53	151	Std1-Blank	Autozero	deltas: -0.0028 0.0000
2	0:30:09	152	Std2-Max		0.0043
3	0:30:14	152	Std2-Max		0.0052
Stats Abs:		n=2	ave=0.00474	sd=0.00062	cv=13.11%
4	0:30:36	153	Std3		0.0116
5	0:30:40	153	Std3		0.0116
Stats Abs:		n=2	ave=0.01164	sd=0.00000	cv=0.04 %
6	0:31:01	154	Std4		0.0185
7	0:31:06	154	Std4		0.0191
Stats Abs:		n=2	ave=0.01884	sd=0.00043	cv=2.28 %
8	0:31:25	155	Std5		0.0238
9	0:31:30	155	Std5		0.0241
Stats Abs:		n=2	ave=0.02396	sd=0.00016	cv=0.67 %
10	0:31:52	156	Std6		0.0354
11	0:31:56	156	Std6		0.0362
Stats Abs:		n=2	ave=0.03580	sd=0.00054	cv=1.50 %

Energy: Sample: 5.053  
 Results from Calculation:  
 Max Conc: 12.00 ppm Conc Coef: 3.80807 ppm  
 C2: 0.000000 C3: 0.000000 C4: 0.000000 Reslope Std: 12.00 ppm  
 End of Report # 231

Report # 232 Version 3.94C 0:33:08 Power-up # 60  
 Sample Grp: Meth: Air/Acet Abs Lamp 3  
 Anl: Cr-AA-357.9-lib3 Lamp: Cr Buck Sci Wavl: 357.9 nm Slit: 0.7nm  
 No Bkgnd Compensation DC Suppr: On Intgr Time: 3.0 S  
 Data Time: 56mS Ave HCL Curr: 2.0 mA Min HCL Curr: 0.0mA Bkg Gain: 1  
 Peak HCL Curr: 8.0 mA  
 Max Conc: 12.00 ppm Conc Coef: 3.80807 ppm  
 C2: 0.000000 C3: 0.000000 C4: 0.000000 Reslope Std: 12.00 ppm  
 Energy: Sample: 4.825

Ref	Time	Cup	Sample	Concentration	Abs
1	0:33:16	1	S1	0.180 ppm	0.0017
2	0:33:40	2	S2	0.091 ppm	0.0008
3	0:34:06	3	S3	0.045 ppm	0.0003
4	0:34:24	4	S4	Cancelled by Operator	



# Konsentrasi Logam Optimum

Report # 213 Version 3.94C 0:46:34 Power-up # 57  
 Sample Grp: Meth: Air/Acet Abs Lamp 3  
 Anl: Cr-AA-357.9-lib3 Lamp: Cr Buck Sci Wavl: 357.9 nm Slit: 0.7nm  
 No Bkgnd Compensation DC Suppr: On Intgr Time: 3.0 S  
 Data Time: 56mS Ave HCL Curr: 2.0 mA Min HCL Curr: 0.0mA Bkg Gain: 1  
 Peak HCL Curr: 8.0 mA  
 Max Conc: 3.000 ppm Conc Coef: 104.73799 ppm  
 C2: 0.000000 C3: 0.000000 C4: 0.000000 Reslope Std: 3.000 ppm  
 Energy: Sample: 5.214

Ref	Time	Cup	Sample	Concentration	Abs
1	0:46:44	1	S1	0.406 ppm	0.0039
2	0:46:56	2	S2	0.384 ppm	0.0037
3	0:47:12	3	S3	0.597 ppm	0.0057
4	0:47:18	4	S4	Cancelled by Operator	

Energy: Sample: 5.215  
 End of Report # 213 Cancelled by Operator

Report # 214 Version 3.94C 0:52:44 Power-up # 57  
 Calibration Report Meth: Air/Acet Abs Lamp 3  
 Anl: Pb-AA-283.2-lib3 Lamp: Pb Buck sci Wavl: 283.2 nm Slit: 0.7nm  
 No Bkgnd Compensation DC Suppr: On Intgr Time: 3.0 S  
 Data Time: 56mS Ave HCL Curr: 2.0 mA Min HCL Curr: 0.0mA Bkg Gain: 1  
 Peak HCL Curr: 8.0 mA  
 Energy: Sample: 5.081

Ref	Time	Cup	Sample	Abs
1	0:52:50	151	Std1-Blank	Cancelled by Operator

Energy: Sample: 5.078  
 Results from Calculation:  
 Max Conc: 24.00 ppm Conc Coef: 8.23215 ppm  
 C2: 0.000000 C3: 0.000000 C4: 0.000000 Reslope Std: 24.00 ppm  
 End of Report # 214 Cancelled by Operator

Report # 215 Version 3.94C 0:52:59 Power-up # 57  
 Calibration Report Meth: Air/Acet Abs Lamp 3  
 Anl: Pb-AA-283.2-lib3 Lamp: Pb Buck sci Wavl: 283.2 nm Slit: 0.7nm  
 No Bkgnd Compensation DC Suppr: On Intgr Time: 3.0 S  
 Data Time: 56mS Ave HCL Curr: 2.0 mA Min HCL Curr: 0.0mA Bkg Gain: 1  
 Peak HCL Curr: 8.0 mA  
 Energy: Sample: 5.081

Ref	Time	Cup	Sample	Abs
1	0:53:06	151	Std1-Blank	Autozero deltas: -0.0060 0.0000
2	0:53:17	152	Std2-Max	0.0105
3	0:53:21	152	Std2-Max	0.0128
Stats Abs:		n=2	ave=0.01162	sd=0.00164 cv=14.11%
4	0:53:35	153	Std3	0.0635
5	0:53:38	153	Std3	0.0627
Stats Abs:		n=2	ave=0.06308	sd=0.00054 cv=0.89 %
6	0:53:52	154	Std4	0.1168
7	0:53:56	154	Std4	0.1179
Stats Abs:		n=2	ave=0.11733	sd=0.00080 cv=0.68 %
8	0:54:22	155	Std5	0.1840
9	0:54:26	155	Std5	0.1863
Stats Abs:		n=2	ave=0.18512	sd=0.00166 cv=0.90 %
10	0:54:41	156	Std6	0.2228
11	0:54:45	156	Std6	0.2276
Stats Abs:		n=2	ave=0.22517	sd=0.00341 cv=1.51 %

Energy: Sample: 5.059  
 Results from Calculation:  
 Max Conc: 24.00 ppm Conc Coef: 8.23215 ppm  
 C2: 0.000000 C3: 0.000000 C4: 0.000000 Reslope Std: 24.00 ppm  
 End of Report # 215

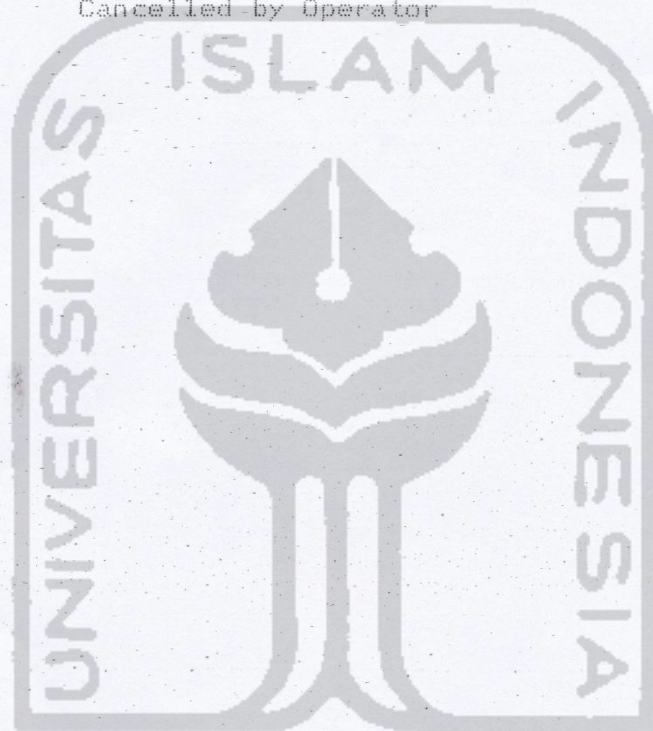


Report # 216 Version 3.94C 0:55:11 Power-up # 57  
 Sample Grp: Math: Air/Acet Abs Lamp 3  
 An1: Pb-AA-283.2-lib3 Lamp: Pb Buck sci Wav1: 283.2 nm Slit: 0.7nm  
 No Bkgnd Compensation DC Suppr: On Intgr Time: 3.0 S  
 Data Time: 56mS Ave HCL Curr: 2.0 mA Min HCL Curr: 0.0mA Bkg Gain: 1  
 Peak HCL Curr: 8.0 mA  
 Max Conc: 24.00 ppm Conc Coef: 8.23215 ppm  
 C2: 0.000000 C3: 0.000000 C4: 0.000000 Reslope Std: 24.00 ppm  
 Energy: Sample: 5.069

Ref	Time	Cup	Sample	Concentration	Abs
1	0:55:26	1	S1	0.08 ppm	0.0097
2	0:55:41	2	S2	1.60 ppm	0.0199
3	0:55:56	3	S3	2.50 ppm	0.0304
4	0:56:02	4	S4	Cancelled by Operator	

Energy: Sample: 5.071

End of Report # 216 Cancelled by Operator

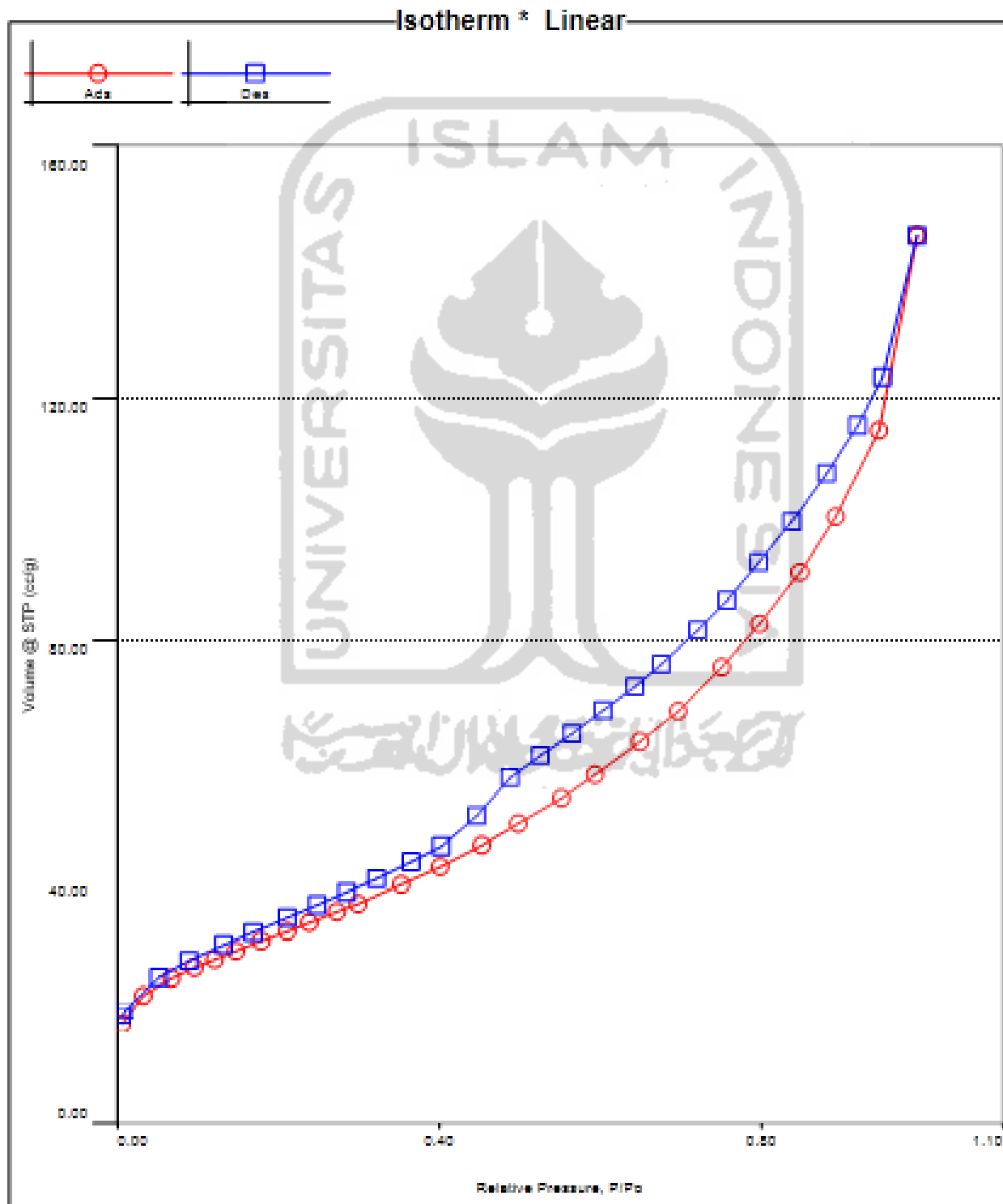


UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

**Quantachrome NovaWin - Data Acquisition and Reduction  
for NOVA Instruments**  
©1994-2010, Quantachrome Instruments  
version 11.0



<b>Analyte</b>		<b>Report</b>	
Operator:nova	Date:2017/06/05	Operator:nova	Date:6/6/2017
Sample ID: Sample	Filename:	C:\Q\data\Physisorb\ 20170606_1_Halimah Zauri.qps	
Sample Desc: Karbon Aktif	Comment:		
Sample weight: 0.1138 g	Sample Volume: 0 cc		
Outgas Time: 24.0 hrs	Outgas Temp: 80.0 C		
Analyte gas: Nitrogen	Bath Temp: 77.3 K		
Press. Tolerance: 0.100/0.100 (ads/des)	Equil time: 60/60 sec (ads/des)	Equil timeout: 240/240 sec (ads/des)	
Analyte Time: 248.7 min	End of run: 2017/06/05 14:03:17	Instrument: Nova Station A	
Cell ID: 91		FW version: 0.00	



Analysis Operator:nova Date:2017/06/05 Report Operator:nova Date:6/6/2017  
Sample ID: Sample Filename: C:\QCdata\Physisorb\ 20170606\_1\_Hallmah ZaunL.qps

### MBET summary

Slope = 30.507  
Intercept = 2.860e-01  
Correlation coefficient, r = 0.999686  
C constant = 107.669  
Surface Area = 113.096 m<sup>2</sup>/g

### Average Pore Size data

Average pore Radius = 4.02030e+01 Å

### Total Pore Volume data

#### Total Pore Volume

Total pore volume = 2.273e-01 cc/g  
for pores smaller than 1376.8 Å (Radius)  
at P/Po = 0.99299

### Volume/Area summary

#### Surface Area Data

MultiPoint BET .....	1.131e+02 m <sup>2</sup> /g
Langmuir surface area .....	1.662e+02 m <sup>2</sup> /g
BJH method cumulative adsorption surface area .....	8.519e+01 m <sup>2</sup> /g
BJH method cumulative desorption surface area .....	1.060e+02 m <sup>2</sup> /g
DH method cumulative adsorption surface area .....	8.692e+01 m <sup>2</sup> /g
DH method cumulative desorption surface area .....	1.079e+02 m <sup>2</sup> /g
t-method external surface area .....	1.131e+02 m <sup>2</sup> /g
DR method micropore area .....	1.453e+02 m <sup>2</sup> /g

#### Pore Volume Data

Total pore volume for pores with Radius less than 1376.81 Å at P/Po = 0.992995 .....	2.273e-01 cc/g
BJH method cumulative adsorption pore volume .....	2.072e-01 cc/g
BJH method cumulative desorption pore volume .....	2.117e-01 cc/g
DH method cumulative adsorption pore volume .....	2.028e-01 cc/g
DH method cumulative desorption pore volume .....	2.069e-01 cc/g
DR method micropore volume .....	5.165e-02 cc/g
HK method cumulative pore volume .....	7.368e-02 cc/g
SF method cumulative pore volume .....	7.423e-02 cc/g

#### Pore Size Data

Average pore Radius .....	4.020e+01 Å
BJH method adsorption pore Radius (Mode Dv(r)) .....	1.714e+01 Å
BJH method desorption pore Radius (Mode Dv(r)) .....	1.877e+01 Å
DH method adsorption pore Radius (Mode Dv(r)) .....	1.714e+01 Å
DH method desorption pore Radius (Mode Dv(r)) .....	1.877e+01 Å
DR method micropore Half pore width .....	1.389e+01 Å
DA method pore Radius (Mode) .....	8.900e+00 Å
HK method pore Radius (Mode) .....	2.158e+00 Å
SF method pore Radius (Mode) .....	2.261e+00 Å