



**KINETIKA ADSORPSI KARBON AKTIF  
DARI BATANG PISANG SEBAGAI ADSORBEN  
UNTUK PENYERAPAN ION LOGAM Cr(VI)  
PADA AIR LIMBAH INDUSTRI**

**TUGAS AKHIR II**

**Disusun dalam rangka menyelesaikan Studi Strata I  
Untuk memperoleh gelar Sarjana Sains**

**Oleh**

**AI NAILIL MUNA SM**

**4350406021**

**PERPUSTAKAAN  
UNNES**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2011**

## **PERNYATAAN**

Saya menyatakan bahwa yang tertulis dalam Tugas Akhir II ini benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan dari karya tulis orang lain, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam Tugas Akhir II ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, 9 Februari 2011

Penyusun

Ai Nailil Muna SM

Nim: 4350406021



## **PERSETUJUAN PEMBIMBING**

Tugas Akhir II dengan judul “Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Dari Batang Pisang Sebagai Adsorben Untuk Penyerapan Ion Logam Cr(VI) Pada Air Limbah Industri”, disusun oleh “Ai Nailil Muna SM” telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan di hadapan sidang Panitia Ujian Tugas Akhir II Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

Pembimbing I

Drs. Soeprodjo, Ms  
NIP. 195007231980031

Semarang, 19 Januari 2011

Pembimbing II

Drs. Subiyanto Hs, M. Si  
NIP.195104211975011



## PENGESAHAN

Tugas Akhir II yang berjudul

“Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Dari Batang Pisang Sebagai Adsorben Untuk Penyerapan Ion Logam Cr(VI) Pada Air Limbah Industri”

Disusun oleh

Nama : Ai Nailil Muna SM

NIM : 4350406021

telah dipertahankan di hadapan Sidang Panitia Ujian Skripsi/Tugas Akhir FMIPA Universitas Negeri Semarang pada tanggal 9 Februari 2011.

Panitia

Ketua

Sekretaris

Dr. Kasmadi I.S, M.S  
NIP. 195111151979031001

Drs. Sigit Priatmoko, M.Si  
NIP. 196504291991031001

Ketua Penguji

Harjito, S.Pd, M.Sc  
NIP. 197206232005011001

Anggota Penguji/  
Pembimbing Utama

Anggota Penguji/  
Pembimbing Pendamping

Drs. Soeprodjo, Ms  
NIP. 195007231980031

Drs. Subiyanto Hs, M. Si  
NIP.195104211975011

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### MOTTO :

- ☞ *“Sungguh, bersama kesukaran itu pasti ada kemudahan, Oleh karena itu, jika kamu telah selesai dari suatu tugas, kerjakanlah tugas lain dengan sungguh-sungguh dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu memohon dan mengharap.”*  
(Q.S.Al-insyiroh ; 5-8)
- ☞ *“Sebaik-baik manusia adalah orang yang banyak manfaatnya (kebaikannya) kepada manusia lainnya.”*  
(H.R. Qadla'ie dari Jabir)
- ☞ *Demi langit dan bintang yang muncul di malam hari, apakah yang kamu ketahui tentang bintang ini? Bintang yang sinarnya menembus malam. Setiap orang pasti ada penjaga yang mengawasi tindakannya, maka hendaklah seseorang berfikir dari apa mereka diciptakan.  
Bermimpilah karena Allah akan memeluk mimpi-mimpi itu, maka jangan pernah takut untuk bermimpi karena mimpi merupakan akar keajaiban didunia.*  
(At-Thaariq 1-5)
- ☞ *“Detik demi detik terasa sekali, segalanya mempunyai arti. Tidak ada yang sia-sia di dunia ini. Ingatlah Allah yang maha mengetahui segala yang terbaik buat kita.*  
(penulis)

### PERSEMBAHAN :

- Dengan mengharap ridho Allah SWT, karya ini kupersembahkan untuk :
- ☞ Ibu dan Ayahku tercinta yang senantiasa mencurahkan kasih sayang, doa serta dukungannya selama ini..
  - ☞ Mbakku dan adek-adekku serta keluarga besarku atas doa dan semangatnya.
  - ☞ Semua guru-guruku dan dosen yang telah membimbingku dengan kesabaran.
  - ☞ Teman-teman Q-mieC '06 (kawand ku; itut, cumil, sari, kaika, poerna, arif, ko2m) terimakasih atas kebersamaan yang telah memberikan warna hidupku..
  - ☞ Teman-teman kos Panji Sukma, tanks for every day.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan limpahan nikmat dan karunia-Nya, serta kemudahan dan kelapangan, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir II dengan judul “Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Dari Batang Pisang Sebagai Adsorben Untuk Penyerapan Ion Logam Cr(VI) Pada Air Limbah Industri”. Tugas Akhir II ini disusun sebagai syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.

Selama penyusunan Tugas akhir II ini tentunya penulis tidak sedikit menghadapi rintangan dari awal hingga akhir. Berkat bimbingan, bantuan, dukungan dan kerja sama dari berbagai pihak maka segala rintangan tersebut dapat penulis atasi. Untuk itu, pada kesempatan ini, tak lupa penulis sampaikan ucapan terimakasih kepada :

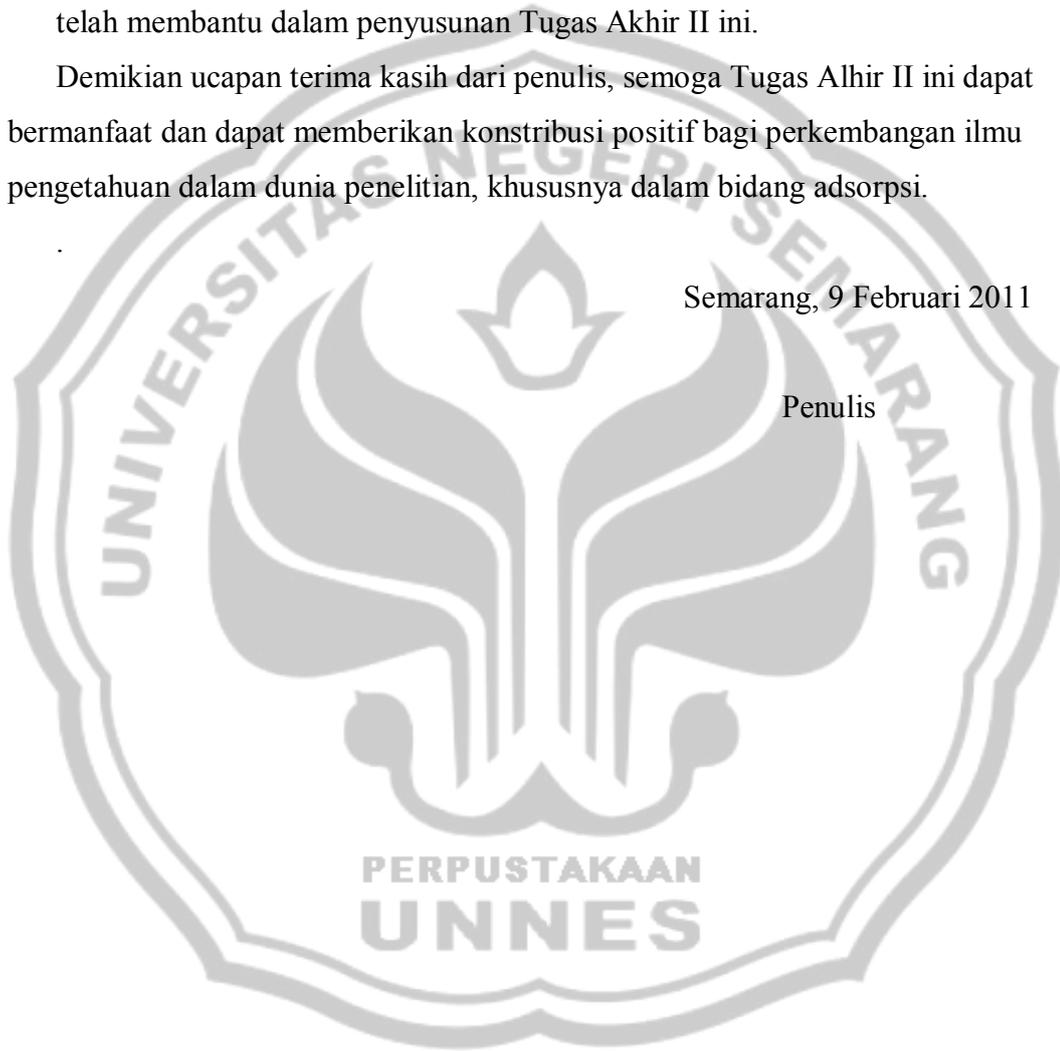
1. Bapak Dr. Kasmadi I.S, M.S, selaku Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang.
2. Drs. Sigit Priatmoko, M.Si, selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang.
3. Drs. Soeprodjo, Ms, selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan ilmu, petunjuk, dan bimbingan dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini
4. Drs. Subiyanto Hs, M. Si selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan ilmu, petunjuk, dan bimbingan dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini
5. Bapak Harjito, S.Pd, M.Sc, selaku dosen penguji utama yang telah memberikan masukan dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA UNNES yang telah memberikan bekal ilmu kepada penulis.
7. Kepala laboratorium Kimia FMIPA UNNES, beserta semua teknisi dan laboran yang telah membantu dalam penelitian ini.

8. Ibu dan Abah tercinta, serta seluruh keluarga besarku atas untaian do'a dan semangat sehingga Tugas Akhir II ini berjalan lancar.
9. Teman-teman kimia (itut, cumil, sari, kaika, purna, arif & ko2m) dan semua teman kimia angkatan 2006.
10. Teman-teman kos Panji Sukma.
11. Semua pihak yang terkait yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir II ini.

Demikian ucapan terima kasih dari penulis, semoga Tugas Akhir II ini dapat bermanfaat dan dapat memberikan kontribusi positif bagi perkembangan ilmu pengetahuan dalam dunia penelitian, khususnya dalam bidang adsorpsi.

Semarang, 9 Februari 2011

Penulis



## ABSTRAK

Ai Nailil Muna, 2011. "Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Dari Batang Pisang Sebagai Adsorben Untuk Penyerapan Ion Logam Cr(VI) Pada Air Limbah Industri". Tugas Akhir II. Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang. Dosen Pembimbing I: Drs. Soeprodjo, Ms. Dosen Pembimbing II: Drs. Subiyanto Hs, M. Si.

Kata kunci: Kinetika, adsorpsi, karbon aktif, batang pisang, logam krom(VI) dan limbah industri pelapisan logam.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kemampuan adsorpsi karbon aktif batang pisang terhadap ion logam Cr(VI) dengan melihat konsentrasi awal dan waktu kontak pada adsorpsi ion logam Cr(VI) dan mengetahui kapasitas adsorpsi maksimum karbon aktif serta mengukur parameter yang mengontrol kinetika adsorpsi untuk mengetahui orde reaksi, kemudian diaplikasikan kedalam limbah industri pelapisan logam. Karakterisasi karbon aktif batang pisang dilakukan dengan menggunakan metode XRD, dan hasilnya menunjukkan bahwa karbon aktif yang disintesis adalah karbon amorf. Penentuan luas permukaan karbon aktif, dengan menggunakan larutan metilen biru diperoleh luas permukaan spesifik karbon aktif sebesar 341,981 m<sup>2</sup>/g. % kadar air dan kadar abu diperoleh masing-masing sebesar 7,8% dan 6,75%. Optimasi konsentrasi awal untuk penyerapan ion logam Cr(VI) dalam larutan oleh karbon aktif adalah 70 ppm dengan daya serap sebesar 12,5 mg/g. Waktu kontak optimum untuk penyerapan ion logam Cr(VI) dalam larutan oleh karbon aktif adalah 100 menit. Parameter untuk mengetahui kapasitas adsorpsi maksimum diperoleh dengan menggunakan isoterm langmuir, dari grafik diperoleh kapasitas adsorpsi maksimum pada adsorpsi ion logam Cr(VI) oleh karbon aktif batang pisang yaitu sebesar 33,333 mg/g dengan konstanta kesetimbangan 0,005. Kinetika adsorpsi karbon aktif mengikuti orde 1 dengan R<sup>2</sup>= 0,993. Besarnya limbah industri logam Cr(VI) yang teradsorpsi oleh karbon aktif adalah 34,905%.

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN.....	ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING .....	iii
PENGESAHAN .....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan .....	5
1.4 Manfaat .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Batang Pisang sebagai Adsorben .....	6
2.2 Karbon Aktif.....	8
2.2.1 Proses pembuatan karbon aktif.....	11
2.3 Adsorpsi.....	13
2.3.1 Isoterm adsorpsi Langmuir.....	14
2.3.2 Isoterm adsorpsi Freundlich.....	16
2.3.3 Sifat adsorpsi karbon aktif.....	17
2.4 Kinetika Adsorpsi.....	19
2.5 Logam Kromium.....	20
2.6 Air Limbah Industri Pelapisan Logam.....	22
2.7 Hipotesis.....	23
BAB III METODE PENELITIAN .....	24

3.1	Lokasi Penelitian.....	24
3.2	Populasi dan Sampel.....	24
3.3	Variabel Penelitian.....	24
	3.3.1 Variabel bebas.....	25
	3.3.2 Variabel terikat.....	25
	3.3.3 Variabel Kontrol.....	25
3.4	Alat dan Bahan.....	25
	3.4.1 Alat.....	25
	3.4.2 Bahan.....	26
3.5	Cara Kerja.....	26
	3.5.1 Preparasi Adsorben Karbon Aktif Batang Pisang..	26
	3.5.2 Karakterisasi Adsorben.....	27
	3.5.3 Karakterisasi Awal Limbah.....	30
	3.5.4 Pembuatan Larutan Kalibrasi.....	30
	3.5.5 Optimasi Penyerapan Logam Cr(VI) Oleh Adsorben	
	3.5.5.1 Konsentrasi Optimum.....	31
	3.5.5.2 Waktu Optimum.....	32
	3.5.5.3 Aplikasi Terhadap Limbah Logam.....	32
3.6	Metode Analisis Data.....	33
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1	Karakterisasi Karbon Aktif Batang Pisang.....	37
	4.1.1 Pengujian Kadar Air.....	37
	4.1.2 Pengujian Kadar Abu.....	38
	4.1.3 Pengujian Luas Permukaan.....	38
	4.1.4 Analisis Difraksi Sinar X (XRD).....	40
4.2	Optimasi Penyerapan Logam Cr(VI) oleh Adsorben.....	42
	4.2.1 Konsentrasi Optimum.....	42
	4.2.2 Waktu Kontak Optimum dan Kinetika Adsorpsi....	46
4.3	Aplikasi Karbon Aktif Terhadap Limbah Logam.....	50
BAB V	PENUTUP .....	51

5.1	Simpulan.....	51
5.2	Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA .....		54
LAMPIRAN.....		57



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Komposisi Kimia Batang Pisang kering.....	7
2. Persyaratan Karbon Aktif Menurut SII No.0258-79.....	29
3. Rancangan hasil penelitian pengamatan karakteristik karbon aktif batang pisang.....	33
4. Rancangan hasil penelitian karakterisasi limbah logam Cr(VI) awal....	33
5. Rancangan hasil optimasi konsentrasi larutan Cr(VI).....	34
6. Rancangan parameter adsorpsi isoterm Langmuir.....	34
7. Rancangan parameter adsorpsi isoterm Freundlich.....	34
8. Rancangan hasil Optimasi waktu kontak.....	35
9. Rancangan parameter kinetika adsorpsi orde 1.....	36
10. Rancangan parameter kinetika adsorpsi orde 2.....	36
11. Parameter Adsorpsi Langmuir.....	46
12. Parameter Kinetika Adsorpsi.....	49

PERPUSTAKAAN  
UNNES

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>		<b>Halaman</b>
1.	Struktur selulosa .....	7
2.	Klasifikasi Material Karbon.....	8
3.	Struktur Grafit.....	10
4.	Plot Langmuir : $\frac{1}{x/m} = \frac{1}{q_m b} \cdot \frac{1}{C} + \frac{1}{q_m}$ .....	16
5.	Plot Freundlich : $\log\left(\frac{x}{m}\right) = \log K + \frac{1}{n} \log C$ .....	17
6.	Diagram masuknya krom dalam tubuh.....	22
7.	Grafik rancangan hasil penelitian Plot hubungan antara adsorpsi terhadap [Cr(VI)].....	33
8.	Grafik rancangan hasil penelitian Plot hubungan antara Cr(VI) teradsorpsi terhadap [Cr(VI)]..	34
9.	Grafik rancangan hasil penelitian Plot hubungan antara Cr(VI) teradsorpsi terhadap waktu kontak.....	35
10.	Grafik Optimasi Waktu Kontak Larutan Metilen Biru dengan adsorben karbon aktif batang pisang.....	40
11.	Pola difraksi karbon amorf .....	41
12.	Grafik optimasi konsentrasi logam pada penyerapan ion logam Cr(VI) dalam larutan oleh karbon aktif .....	42
13.	Grafik linearitas isotherm adsorpsi langmuir pada adsorpsi ion logam Cr(VI) oleh karbon aktif batang pisang.....	45
14.	Grafik Optimasi waktu pada penyerapan ion logam Cr(VI) dalam larutan oleh karbon aktif batang pisang..	47
15.	Grafik kinetika adsorpsi orde 1 .....	49
16.	Grafik kinetika adsorpsi orde 2 .....	49

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Skema Cara Kerja.....	57
2. Data Pengamatan.....	63
3. Perhitungan Pembuatan Larutan.....	70
4. Perhitungan Analisis Data.....	71
5. Pola difraksi XRD.....	73
6. Tabel JCPDF.....	74
7. Foto Penelitian.....	75
8. Surat Keterangan.....	76



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) ternyata mengubah kondisi bumi. Salah satu aplikasi perkembangan IPTEK adalah pesatnya pertumbuhan industri. Pertumbuhan industri yang pesat jika tidak diiringi dengan perhatian terhadap limbah yang dihasilkan, maka akan membahayakan ekosistem maupun organisme di dalamnya. Limbah merupakan suatu hasil samping dari proses yang dianggap tidak dapat digunakan lagi. Volume limbah sebagai hasil sisa produksi semakin bertambah sebanding dengan pesatnya pertumbuhan industri. Lingkungan dipaksa untuk menerima limbah, bila limbah tidak dikelola dengan baik dan melebihi daya dukung lingkungan maka lingkungan akan tercemar. Limbah yang dihasilkan dari industri berpotensi besar memiliki sifat beracun misalnya limbah yang dihasilkan dari industri pelapisan logam, penyamakan kulit, keramik, dan cat. Bahan pencemar dalam limbah yang sering menjadi perhatian adalah ion-ion logam berat.

Beberapa logam yang dikategorikan sebagai logam berat antara lain Hg, Pb, Cu, Cr, As, Zn, Hg, Cd, Fe, Ni, dan Zn. Logam berat merupakan jenis pencemar yang berbahaya di lingkungan karena bersifat toksik. Logam berat memiliki densitas yang lebih dari  $5 \text{ g/cm}^3$  dan bersifat tahan urai. Sifat tahan

urai inilah yang menyebabkan logam berat semakin terakumulasi dalam perairan bila terserap dan terakumulasi dalam tubuh manusia dapat mengganggu kesehatan yang dalam jangka panjang dapat menyebabkan kematian ( Astawan, 2008).

Kromium (Cr) merupakan salah satu jenis logam berat yang dapat mencemari lingkungan. Krom memiliki 3 valensi, yakni 2, 3, dan 6, tapi yang paling stabil adalah trivalen (Cr(III)) dan heksavalen (Cr(VI)). Cr(VI) mendapatkan perhatian yang lebih dikarenakan sifatnya yang lebih beracun.

Cr(VI) biasanya berasal dari industri pelapisan logam, industri cat/pigmen dan industri penyamakan kulit. Cr(VI) bersifat labil, beracun dan bersifat karsinogenik untuk makhluk hidup (Palar, 1994). Cr(VI) lebih mudah diserap oleh tubuh dibandingkan dengan Cr(III). Cr(VI) merupakan logam yang sangat beracun yang bisa menyebabkan kanker pada manusia serta juga bersifat toksik pada konsentrasi yang relatif rendah.

Penelitian pendahuluan yang telah dilakukan, pada sampel yang diambil dari pembuangan limbah awal pada PT. X yang berlokasi di kawasan industri kota Tegal, diperoleh kadar ion logam Cr(VI) sebesar 16,00 mg/L. Hasil tersebut memperlihatkan masih terdapat kadar ion logam Cr(VI) yang melebihi ambang batas baku mutu air limbah, oleh karena itu kadar ion logam Cr(VI) tersebut harus diminimalkan.

Salah satu metode untuk mengolah limbah cair secara kimia adalah melalui proses adsorpsi. Proses adsorpsi dapat dilakukan dengan karbon aktif yang dibuat dari bahan bakar limbah yang mengandung karbon. Proses

adsorpsi merupakan salah satu teknik pengolahan limbah yang diharapkan dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi logam berlebihan. Adsorben yang pernah digunakan dalam penelitian adsorpsi dengan memanfaatkan limbah pertanian antara lain adsorben dari tempurung kelapa (Prilianti, Ratna 2003), limbah kayu sengon (Abadi, Nurul 2005) dan limbah kayu jati (Azizah, Nur 2009). Alternatif penerapan metode adsorpsi dengan karbon aktif dipilih karena permukaan karbon aktif yang luas, kemampuan adsorpsi yang besar, mudah diaplikasikan dan biaya yang diperlukan relatif murah.

Batang pisang memiliki komposisi kimia berupa selulosa. Selulosa merupakan senyawa organik. Selulosa mempunyai potensi yang cukup besar untuk dijadikan sebagai penyerap karena gugus OH yang terikat pada selulosa apabila dipanaskan pada suhu tinggi akan kehilangan atom-atom hidrogen dan oksigen sehingga tinggal atom karbon yang terletak pada setiap sudutnya. Ketidaksempurnaan penataan cincin segi enam yang dimiliki, mengakibatkan tersediannya ruang-ruang dalam struktur arang aktif yang memungkinkan adsorbat masuk dalam struktur arang aktif berpori.

Adsorpsi suatu zat pada permukaan adsorben bergantung pada beberapa faktor dan memiliki pola isotherm adsorpsi tertentu. Pada penelitian ini akan dipelajari beberapa variabel yaitu konsentrasi Cr(VI) dan waktu kontak adsorpsi. Penentuan kapasitas adsorpsi dan tetapan kesetimbangan ditentukan dengan menggunakan isotherm adsorpsi Langmuir dan isotherm adsorpsi Freundlich. Kinetika adsorpsi dipelajari menggunakan kinetika orde pertama dan orde kedua untuk mencari konstanta kinetika adsorpsi.

Penelitian yang pernah dilakukan oleh Husni, dkk. (2004) yaitu adsorpsi logam merkuri (Hg) menggunakan arang aktif batang pisang. Memberikan hasil bahwa logam merkuri teradsorpsi arang aktif sebesar 9,21 mg/g. Penelitian tersebut memberikan gambaran bahwa arang aktif batang pisang dapat dijadikan sebagai material adsorben logam berat.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dilakukan penelitian dengan membuat arang aktif batang pisang untuk mengetahui daya adsorpsi karbon aktif batang pisang terhadap ion logam Cr(VI), mengetahui kapasitas adsorpsi dan mempelajari kinetika adsorpsi Cr(VI) untuk mengetahui orde reaksi yang kemudian diaplikasikan untuk mengadsorpsi ion logam Cr(VI) pada limbah industri.

## 1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dikaji pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah karbon aktif batang pisang mampu mengadsorpsi kadar ion logam Cr(VI) ?
2. Berapakah konsentrasi Cr(VI) dan waktu kontak optimum terhadap adsorpsi ion logam Cr(VI) oleh arang aktif batang pisang?
3. Berapakah kapasitas adsorpsi karbon aktif dari batang pisang terhadap adsorpsi ion logam Cr(VI)?
4. Bagaimanakah kinetika adsorpsi ion logam Cr(VI) oleh arang aktif batang pisang?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui kemampuan adsorpsi karbon aktif batang pisang terhadap ion logam Cr(VI).
2. Mengetahui konsentrasi Cr(VI) dan waktu kontak optimum terhadap adsorpsi ion logam Cr(VI) oleh arang aktif batang pisang.
3. Mengetahui kemampuan karbon aktif dari batang pisang dalam penurunan kadar ion logam Cr(VI).
4. Mengetahui kinetika adsorpsi ion logam Cr(VI) oleh arang aktif batang pisang.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi tentang pengaruh karbon aktif dari batang pisang untuk menurunkan kadar ion logam Cr(VI) dalam air limbah perindustrian.
2. Memberikan informasi tentang pengaruh konsentrasi Cr(VI) dan waktu kontak terhadap adsorpsi ion logam Cr(VI) oleh arang aktif batang pisang.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Batang Pisang Sebagai Adsorben**

Batang pisang dengan nama latin *Musa Paradiseaca* merupakan tanaman yang banyak terdapat dan tumbuh di daerah tropis maupun subtropis. Tanaman pisang juga dapat tumbuh subur di daerah pegunungan hingga ketinggian 2000 meter dengan udara dingin. Di Indonesia tanaman pisang merupakan hasil pertanian yang banyak terdapat di seluruh nusantara. Hasil panen pisang yang sudah tua digunakan hanya buahnya saja untuk dikonsumsi sendiri atau dijual. Sedangkan batang atau pelepah dan daun pisang, setelah panen hanya ditumpuk atau dibakar begitu saja yang lama kelamaan menjadi tumpukan sampah yang dapat mencemari lingkungan. Hanya sebagian kecil saja masyarakat memanfaatkannya sebagai makanan tambahan sapi.

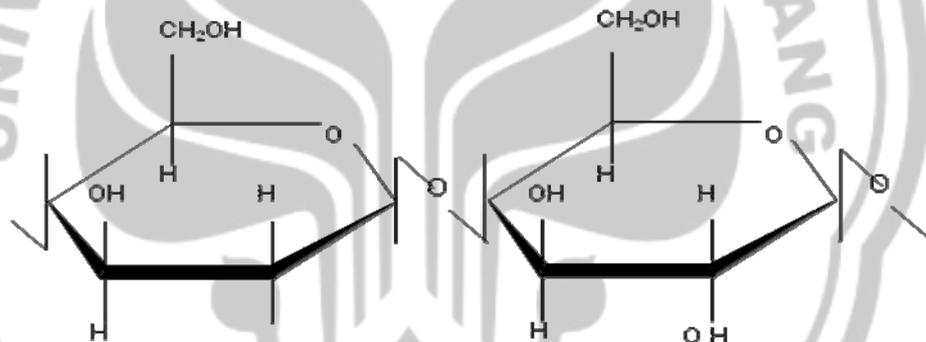
Limbah batang pisang merupakan limbah terbesar yang diperoleh dengan nilai ekonomis yang hampir tidak ada. Hasil analisis ternyata batang pisang banyak mengandung selulosa. Kadar selulosa dari batang pisang kering sekitar 50% (Husni dkk., 2004). Kandungan karbon yang dimiliki batang pisang cukup tinggi, oleh karena itu komoditas ini dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif.

Komponen penyusun batang pisang tergabung dalam senyawa organik antara lain selulosa dan lignin (Husni dkk., 2004) yang disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia batang pisang kering

Komponen kimia	Presentase
Selulosa	50%
Lignin	17,8%

Data tersebut menunjukkan bahwa kandungan selulosa pada batang pisang cukup tinggi. Selulosa merupakan senyawa organik yang terdapat pada dinding sel bersama lignin berperan dalam mengokohkan struktur tumbuhan. Selulosa terdiri atas rantai panjang unit-unit glukosa yang terikat dengan ikatan 1-4 $\beta$ -glukosida (Fessenden & Fessenden, 1989).



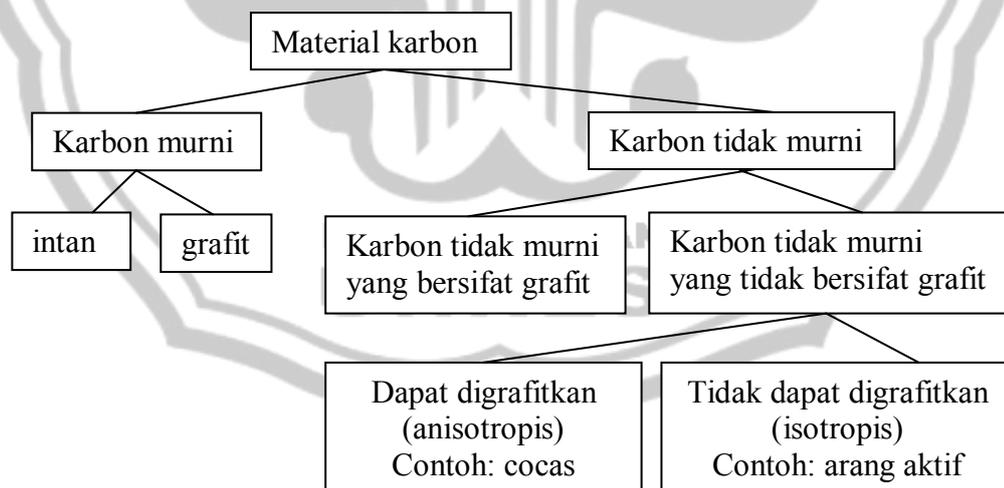
Gambar 1. Struktur Selulosa

Penggunaan batang pisang sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif karena kandungan selulosa dalam batang pisang yang cukup tinggi yaitu 50% dan kadar ligninnya lebih rendah yaitu sekitar 17,8%. 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).

Selulosa mempunyai potensi yang cukup besar untuk dijadikan sebagai penyerap karena gugus OH yang terikat pada selulosa apabila dipanaskan pada suhu tinggi akan kehilangan atom-atom hidrogen dan oksigen sehingga tinggal atom karbon yang terikat membentuk struktur segi enam dengan atom-atom karbon terletak pada setiap sudutnya. Penataan yang cenderung kasar kemungkinan besar disebabkan reaksi pelepasan atom hidrogen dan oksigen yang terjadi pada suhu tinggi (proses karbonisasi) berlangsung dengan cepat dan tidak terkendali sehingga merusak penataan cincin segi enam yang ada.

Ketidaksempurnaan penataan antar lapisan maupun cincin segi enam yang dimiliki, mengakibatkan tersediannya ruang-ruang dalam struktur arang aktif yang memungkinkan adsorbat masuk dalam struktur arang aktif berpori.

## 2.2 Karbon Aktif



Gambar 2. Klasifikasi material karbon (Byrne dan Mars, 1995).

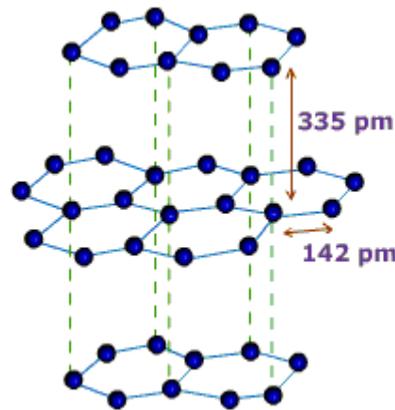
Bahan dasar utama yang digunakan sebagai karbon aktif adalah material organik dengan kandungan karbon yang tinggi (Sembiring, 2003). Seiring dengan perkembangan metode adsorpsi, kebutuhan akan karbon aktif sebagai adsorben semakin meningkat, sehingga pengembangan tentang pembuatan karbon aktif masih potensial untuk dilakukan.

Berbeda dari intan dan grafit yang komposisinya terdiri atas karbon murni maka arang aktif adalah material karbon yang masih tercampur unsur-unsur lain, biasanya hidrogen dan oksigen ataupun yang lain bergantung pada unsur-unsur pembentuknya. Arang aktif disebut juga padatan karbon berpori, yaitu karbon dalam bentuk non grafit yang memiliki luas permukaan internal 300 hingga 3500m<sup>2</sup> tiap gramnya (Byrne dan Marsh, 1995). Permukaan internal adalah tumpukan lapisan berongga yang tertata sedemikian rupa sehingga menyerupai spon (sponge).

Karbon aktif merupakan senyawa karbon amorf, yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan secara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Karbon aktif adalah karbon yang mengalami proses pengaktifan dengan menggunakan bahan pengaktif sehingga pori-porinya terbuka, luas permukaan karbon menjadi lebih besar, dan kapasitas adsorpsinya menjadi lebih tinggi. Karbon aktif merupakan adsorben dengan permukaan lapisan yang luas dengan bentuk butiran (*granular*) atau serbuk (*powder*).

Grafit mempunyai massa jenis yang rendah yaitu 2,3 g cm<sup>-3</sup>. strukturnya yang tidak terlalu padat karena ikatan yang lemah antara tiap lapisan

menyebabkan tiap lapisan dapat dipindah yang memungkinkan sifat licin. Diantara tiap lapisan, atom karbon terikatnya hanya dengan 3 atom karbon lainnya, sehingga terdapat ikatan rangkap dan tunggal secara bergantian.



Gambar 3. Struktur grafit

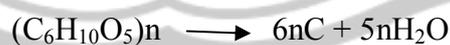
Perbedaan grafit dan amorf, yaitu pada proses pembentukannya. Pada kristal proses pembentukannya lambat sehingga atom-atom penyusun partikel zat padat dapat menata diri selama proses tersebut untuk menempati posisi yang sedemikian, keadaan ini cenderung membentuk susunan yang teratur dan juga berulang pada arah tiga dimensi, sehingga terbentuk keteraturan susunan atom dalam jangkauan yang jauh. Pada karbon amorf proses pembentukan berlangsung cepat, atom-atom tidak mempunyai cukup waktu untuk menata diri dengan teratur, hasilnya terbentuklah susunan yang memiliki tingkat energi yang lebih tinggi. Atom ini mempunyai keteraturan dengan jangkauan terbatas.

Pada pengolahan air, karbon aktif digunakan sebagai adsorben untuk menyisihkan rasa, bau dan warna yang disebabkan oleh kandungan bahan organik dalam air. Kontaminan dalam air terserap karena tarikan dari

permukaan karbon aktif lebih kuat dibandingkan dengan kemampuan larutan menahan zat didalamnya. Kontaminan dapat masuk ke dalam pori karbon aktif dan terakumulasi didalamnya, apabila kontaminan terlarut di dalam air dan ukuran pori kontaminan lebih kecil dibandingkan dengan ukuran pori karbon aktif (Juliandini, Frianita, 2008). Apabila dalam larutan terdapat dua zat atau lebih maka zat yang satu akan diserap lebih kuat dari yang lain. Molekul yang teradsorpsi dapat dianggap membentuk fasa dua dimensi dan terakumulasi dalam permukaan (Oscik, 1982).

Pada penelitian ini pembuatan karbon aktif dari batang pisang dilakukan dengan cara fisika, dimulai dengan proses pirolisis dan dilanjutkan aktivasi dengan gas N<sub>2</sub>. Pirolisis adalah penguraian bahan-bahan organik pada temperatur tinggi di bawah kondisi non-oksidatif. Pirolisis dilakukan pada kondisi temperatur di atas 430<sup>0</sup>C (Guo, 2000). Sejumlah oksigen terdapat dalam beberapa sistem pirolisis, menyebabkan terjadinya peristiwa oksidasi (Kaminsky, dkk., 2000). Ketika pemanasan berlangsung diusahakan agar tidak terjadi kebocoran udara didalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi.

Reaksi pirolisis dari selulosa sebagai berikut:



### 2.2.1 Proses Pembuatan Karbon Aktif

Pembuatan karbon aktif berlangsung 3 tahap yaitu proses dehidrasi, proses karbonisasi dan proses aktivasi (Sembiring, 2003).

a. Proses Dehidrasi

Proses ini dilakukan dengan memanaskan bahan baku dengan tujuan untuk menguapkan seluruh kandungan air dan menurunkan kelembaban pada bahan baku. Produk yang dihasilkan pada proses dehidrasi adalah bahan baku yang kering karena kandungan airnya sudah menguap.

b. Proses Karbonisasi

Proses karbonisasi pada prinsipnya adalah mengeliminir unsur-unsur hidrogen serta oksigen yang terikat dalam bahan baku sehingga tinggal karbonnya saja yang merupakan unsur dominan. Selama proses ini unsur-unsur bukan karbon seperti hidrogen dan oksigen dikeluarkan dalam bentuk gas dan atom yang terbebaskan. Untuk mengetahui struktur kristal yang dihasilkan maka, digunakan metode sinar X (X-Ray Diffraction). Dasar metode ini adalah adanya kekhasan jarak antar bidang kristal pada setiap kristal yang berbeda.

Proses karbonisasi akan menghasilkan 3 komponen pokok, yaitu karbon atau arang, tar, dan gas. Untuk memperoleh karbon aktif yang baik, perlu adanya pengaturan dan pengontrolan selama proses karbonisasi yaitu; temperatur dan lama karbonisasi. Tahap karbonisasi akan menghasilkan karbon yang mempunyai struktur pori lemah, karena struktur kristalnya tidak beraturan sehingga terdapat rongga yang masih terisi oleh unsur-unsur penyusun bahan baku. Unsur-unsur inilah yang menutupi pori-pori sehingga kemampuan adsorpsinya rendah, Oleh karena itu arang masih memerlukan perbaikan struktur porinya melalui proses aktivasi.

### c. Proses Aktivasi

Aktivasi adalah suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan memecahkan ikatan hidrokarbon sehingga arang mengalami perubahan, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap adsorpsi (Austin, 1996). Proses aktivasi ada dua macam yaitu aktivasi kimia dan aktivasi fisika. Pada proses aktivasi kimia digunakan zat-zat kimia. Pada proses aktivasi fisika dilakukan dengan mengalirkan uap atau udara ke dalam reaktor pada suhu tinggi, dalam proses aktivasi ini, ter yang masih terdapat dalam arang dikurangi jumlahnya dengan gas yang bersifat inert. Ter merupakan zat cair hitam kental atau cokelat pekat dengan bau tajam yang diperoleh dari pemanasan tak sempurna dari arang. Proses aktivasi pada dasarnya bertujuan untuk menghilangkan unsur-unsur hidrogen serta oksigen ataupun zat-zat dalam pori sehingga tinggal karbonnya saja yang merupakan unsur dominan dalam arang.

## 2.3 Adsorpsi

Adsorpsi adalah peristiwa menempelnya atom atau molekul suatu zat pada permukaan zat lain karena ketidakseimbangan gaya dalam permukaan. Zat yang teradsorpsi disebut adsorbat dan zat pengadsorpsi disebut adsorben (Atkins, 1997). Proses adsorpsi digambarkan sebagai proses molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat penyerap akibat

ikatan fisika dan kimia (Sawyer *et. al.*, 1994 dalam Masduqi dan Slamet, 2000).

Proses adsorpsi dapat terjadi secara kimia maupun fisika. Pada proses adsorpsi secara fisika gaya yang mengikat adsorbat oleh adsorben adalah gaya-gaya van der Waals. Molekul terikat sangat lemah dan energi yang dilepaskan pada adsorpsi fisika relatif rendah ( $< 20$  kJ/mol). Adsorpsi fisik umumnya terjadi pada temperatur rendah dan dengan bertambahnya temperatur jumlah adsorpsi berkurang dengan mencolok (Castellan, 1983). pada proses adsorpsi secara kimia, adsorpsi memerlukan energi aktivasi dan nilai kalor adsorpsi besar mencapai 100 KJ/mol, ini dibutuhkan agar terjadi interaksi ikatan-ikatan kimia. molekul-molekul yang teradsorpsi pada permukaan bereaksi secara kimia, sehingga terjadi pemutusan atau pembentukan ikatan. Teradsorpsinya molekul pada antar muka, menyebabkan pengurangan tegangan permukaan dan adsorpsi akan berlangsung terus sampai energi bebas permukaan mencapai minimum (Adamson, 1990).

Isotherm adsorpsi adalah proses adsorpsi yang berlangsung pada temperatur tetap. Model isotherm adsorpsi yang paling umum dan banyak digunakan dalam adsorpsi adalah model isotherm Langmuir dan model isotherm Freundlich.

### **2.3.1 Isotherm adsorpsi Langmuir**

Isotherm adsorpsi Langmuir mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (*monolayer*) adsorbat di permukaan adsorben dan semua situs permukaannya bersifat homogen

karena masing-masing situs aktif hanya dapat mengadsorpsi satu molekul adsorbat (Oscik, 1982).

Adsorpsi isotherm Langmuir didasarkan pada asumsi bahwa:

- a. Pada permukaan adsorben terdapat situs-situs aktif yang proporsional dengan luas permukaan adsorben. Pada masing-masing situs aktif hanya dapat mengadsorpsi satu molekul saja, dengan demikian adsorpsi terbatas pada pembentukan lapis tunggal (monolayer).
- b. Pengikat adsorbat pada permukaan adsorben dapat secara kimia atau fisika, tetapi harus cukup kuat untuk mencegah perpindahan molekul teradsorpsi pada permukaan (adsorpsi terlokalisasi).
- c. Energi adsorpsi tidak tergantung pada penutupan permukaan.

Model isotherm adsorpsi langmuir dapat diterapkan untuk mempelajari dan menjelaskan data adsorpsi yang diperoleh dari eksperimen. Data kesetimbangan biasanya digambarkan dalam bentuk kurva isotherm adsorpsi. Pendekatan dengan model terhadap kurva isotherm dapat membantu menganalisis karakteristik isotherm berupa kapasitas adsorpsinya (Amri, dkk., 2004). Persamaan umum adsorpsi isotherm Langmuir dapat ditulis:

$$\frac{x}{m} = \frac{q_m \cdot b \cdot C}{1 + b \cdot C} \quad (1)$$

keterangan:

$x/m$  = Jumlah dari adsorbat yang diserap per unit berat dari adsorben  
(mg/g)

$C$  = konsentrasi adsorbat dalam larutan pada saat kesetimbangan (mg/L)

$b$  = konstanta Langmuir

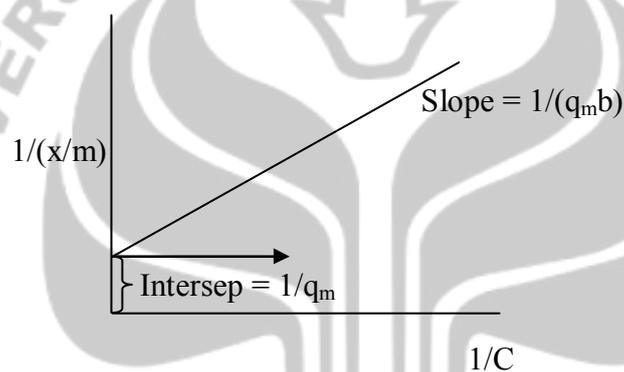
$q_m$  = maksimum adsorbat yang dapat diserap (mg/g)

$$\frac{1+b \cdot C}{q_m \cdot b \cdot C} = \frac{1}{x/m} \dots \dots \dots (2)$$

$$\frac{1}{q_m \cdot b \cdot C} + \frac{b \cdot C}{q_m \cdot b \cdot C} = \frac{1}{x/m} \dots \dots \dots (3)$$

$$\frac{1}{x/m} = \frac{1}{q_m \cdot b} \cdot \frac{1}{C} + \frac{1}{q_m} \dots \dots \dots (4)$$

Persamaan 4 adalah persamaan linier, yang kemudian dibuat grafik seperti pada gambar 4 berikut:



Gambar 4. Plot antara  $1/(x/m)$  terhadap  $1/C$

### 2.3.2 Isotherm adsorpsi Freundlich

Isoterm adsorpsi Freundlich mengasumsikan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (*multilayer*) dan situs bersifat heterogen, yaitu adanya perbedaan energi pengikat pada tiap-tiap situs dimana proses adsorpsi di tiap-tiap sisi adsorpsi mengikuti isotherm Langmuir (Schnoor, 1996; dalam Masduqi dan Slamet, 2003). Persamaan umum model adsorpsi isotherm Freundlich dapat ditulis :

$$\frac{x}{m} = KC^{1/n} \dots \dots \dots (1)$$

keterangan:

$x/m$  = jumlah dari adsorbat yang diserap per unit dari adsorben (mg/g)

$K$  = Konstanta Freundlich

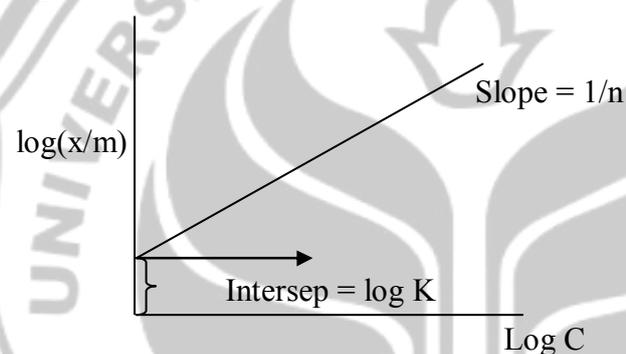
$C$  = Konsentrasi adsorbat dalam larutan pada saat kesetimbangan (mg/L)

$1/n$  = Ketidak linieran (tanpa satuan)

Persamaan 1 dibuat menjadi persamaan linier menjadi:

$$\log \left( \frac{x}{m} \right) = \log K + \frac{1}{n} \log C$$

Grafik yang diperoleh adalah garis linier dengan slope  $1/n$  dan intersep  $\log K$ .



Gambar 5. Plot antara  $\log x/m$  terhadap  $\log C$ .

### 2.3.3 Sifat Adsorpsi Karbon Aktif

Sifat adsorpsi karbon aktif yang paling penting adalah daya serap. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap adsorpsi, yaitu:

#### a. Sifat adsorben

Karbon aktif yang merupakan adsorben adalah suatu padatan berpori, yang sebagian besar terdiri dari unsur karbon bebas dan berbentuk amorf dengan struktur yang tidak beraturan. Selain komposisi, struktur pori juga merupakan faktor yang penting. Struktur pori berhubungan

dengan luas permukaan, Pembentukan luas permukaan internal yang berukuran mikro atau meso sebanyak mungkin, semakin kecil dan banyak pori-pori arang aktif, mengakibatkan luas permukaan semakin besar, karena jumlah molekul adsorbat yang diserap oleh adsorben akan meningkat dengan bertambahnya luas permukaan dan volume pori dari adsorben. Dengan demikian semakin besar luas permukaan adsorben maka penyerapan yang terjadi semakin merata.

b. Ukuran partikel

Ukuran partikel juga mempengaruhi proses adsorpsi, semakin kecil ukuran partikel akan semakin cepat proses adsorpsi. Untuk meningkatkan kecepatan adsorpsi digunakan karbon aktif yang telah dihaluskan (Surdia, N. M terjemahan, 1983).

c. Sifat adsorbat

Adsorpsi akan bertambah besar jika molekul adsorbat lebih kecil dari pori adsorben. Karbon aktif mampu menyerap molekul lain yang mempunyai ukuran lebih kecil atau sama dengan diameter pori adsorben. Proses adsorpsi oleh karbon aktif terjadi karena terjebaknya molekul adsorbat dalam rongga karbon aktif.

d. Waktu kontak

Bila arang aktif ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah arang yang digunakan. Selisih ditentukan oleh

dosis arang aktif. Untuk larutan yang memiliki viskositas tinggi, dibutuhkan waktu kontak yang lebih lama.

## 2.4 Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi menggambarkan laju yang meliputi waktu dan reaksi adsorpsi. Menyatakan tingkat kecepatan penyerapan yang terjadi pada adsorben terhadap adsorbat. Pengujian laju adsorpsi dapat dilakukan dengan menduga orde reaksi yang mungkin.

Persamaan reaksi berikut:  $A \longrightarrow$  produk

jika reaksi orde pertama persamaan yang dipakai adalah

$$V = k[A]$$

$$V = -\frac{d[A]}{dt} = k_1[A]$$

Dengan mengintegrasikan melalui batas  $[A]_0$  dengan  $t = 0$  dan  $[A]$  dengan  $t = t$  maka diperoleh:

$$\int_{[A]_0}^{[A]} \frac{d[A]}{[A]} = - \int_{t=0}^{t=t} k_1 \cdot dt$$

$$\ln \frac{[A]}{[A]_0} = -k_1 \cdot t$$

$$\ln \frac{[A]_0}{[A]} = k_1 \cdot t$$

Jika disusun dalam persamaan linear:

$$\ln [A] = -kt + \ln [A]_0$$

Plot  $\ln [A]$  terhadap  $t$  sebagai fungsi waktu diperoleh garis linier dengan slope  $k$  untuk reaksi orde pertama.

jika reaksi orde dua :  $A \longrightarrow$  produk

persamaan yang digunakan adalah:

$$-\frac{d[A]}{dt} = k_2[A]^2$$

diintegrasikan dengan batas  $[A]_0$  pada  $t = 0$  dan  $[A]$  pada  $t = t$

$$\frac{1}{[A]} - \frac{1}{[A]_0} = k_2 \cdot t$$

Plot  $\frac{1}{[A]}$  terhadap  $t$  sebagai fungsi waktu adalah linier dengan slope  $k$  untuk reaksi orde kedua (Bird, Tony. 1987).

## 2.5 Logam Kromium

Logam kromium (Cr) mempunyai nomor atom 24. Pada sistem periodik unsur termasuk dalam logam transisi periode 4 dan golongan VI B. Kromium mempunyai konfigurasi elektron  $[\text{Ar}] 4s^1 3d^5$ . Berat atom 51,996 sma, jari-jari atom 124,9 pm, titik leleh  $1907^\circ\text{C}$ , titik didih  $2671^\circ\text{C}$ , massa jenisnya pada suhu  $28^\circ\text{C}$  adalah 7,2 g/ml, mulai terbakar pada suhu  $400^\circ\text{C}$ . Kromium berwarna putih perak keabu-abuan, berkilau, dan sangat keras dengan kilapan tinggi. Logam ini pertama kali ditemukan oleh Vauquelin pada tahun 1797. Kromium berasal dari kata Chroma yang artinya warna (Los Alamos National Laboratori, 2003).

Logam krom biasa digunakan untuk memperkuat baja, pembuatan baja stainless, dan dapat membentuk berbagai paduan logam yang berguna. Kegunaannya dalam penyepuhan logam adalah untuk mendapatkan kekerasan, kualitas permukaan yang halus dan tahan korosi.

Krom memiliki 3 valensi, yaitu +2, +3, dan +6. Trivalen dan heksavalen merupakan senyawa yang stabil. Cr(II) mudah teroksidasi menjadi Cr(III) yang stabil. Cr(III) dalam larutan berwarna hijau, dengan adanya ion  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ , ion  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{6+}$  akan memberikan warna biru violet. Dalam larutan, ion kromat (VI) berada dalam kesetimbangan dengan ion dikromat (VI) (Andrew dan Rispoli, 1994).

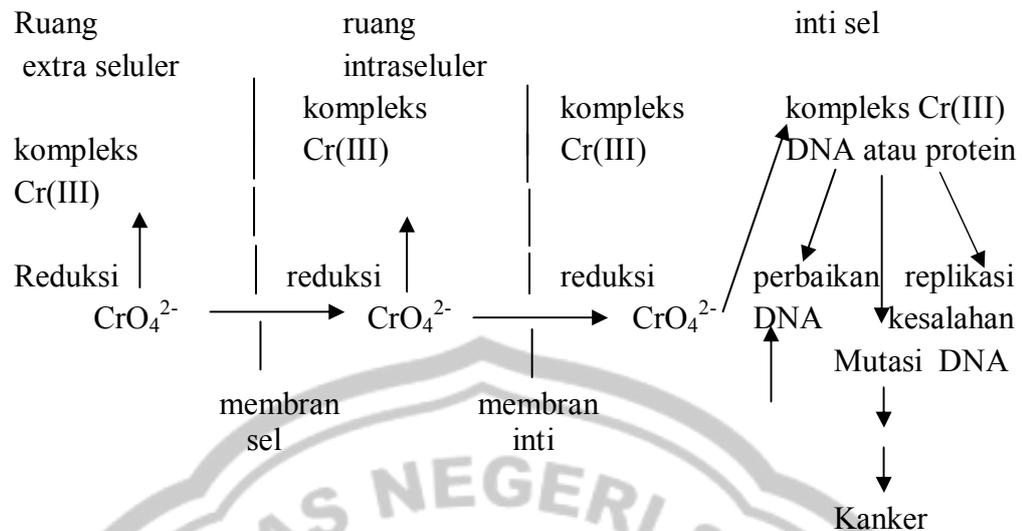
Cr(VI) oksida merupakan oksida yang bersifat asam sehingga dapat bereaksi dengan basa membentuk ion kromat.



Kromat  $\text{CrO}_4^{2-}$  atau dikromat  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ , anion kromium adalah heksavalen dengan bilangan oksidasi +6. Ion-ion diturunkan dari kromium trioksida ( $\text{CrO}_3$ ). Ion-ion kromat berwarna kuning, sedangkan dikromat berwarna jingga. Kromat mudah diubah menjadi dikromat dengan penambahan asam. Ion-ion kromat merupakan zat pengoksidasi yang kuat (Vogel, 1985).



Industri yang menggunakan dan mengeluarkan limbah ion Cr(VI) antara lain adalah industri pelapisan logam. Cr(VI) mempunyai toksisitas yang lebih tinggi daripada Cr(III). Oleh karena itu sebelum dibuang ke lingkungan, limbah Cr(VI) direduksi dahulu menjadi Cr(III), dan diendapkan (Prihatiningsih, 2000). Cr(VI) merupakan logam yang sangat beracun yang bisa menyebabkan kanker pada manusia serta juga bersifat toksik pada konsentrasi yang relatif rendah. Proses penyerapan krom oleh tubuh dan dampaknya bagi kesehatan disajikan pada gambar 6.



Gambar 6. Diagram masuknya krom dalam tubuh

## 2.6 Air Limbah Industri Pelapisan Logam

Air limbah merupakan air bekas yang sudah tidak terpakai lagi. Air limbah tersebut biasanya dibuang ke alam yaitu tanah dan perairan. Menurut Metcalf dan Eddi (2003) air limbah adalah kombinasi dari cairan dan sampah-sampah cair yang berasal dari daerah pemukiman, perdagangan, perkantoran dan industri bersama-sama dengan air tanah, air permukaan dan air hujan yang mungkin ada. Sesuai dengan penggunaannya, setiap air bekas pemakaian telah terkontaminasi oleh bahan-bahan yang dipakainya, yang mungkin bersifat fisik (misalnya: air menjadi keruh dan berwarna), bersifat kimiawi (air mengandung bahan-bahan kimia yang mengganggu kesehatan/lingkungan), dan bersifat organo-biologis (air mengandung zat organik, mikroba/bakteri patogen). Cemaran air limbah domestik yang dominan biasanya bersifat organo-mikrobiologis, sedangkan untuk limbah

non domestik yang dominan bersifat fisik-kimiawi, yaitu zat-zat organik maupun anorganik dan logam-logam berat termasuk ion Cr(VI).

Limbah industri pelapisan logam merupakan salah satu industri yang menghasilkan limbah cair dalam jumlah banyak. Air merupakan zat yang penting dalam proses *plating*, sebelum proses pelapisan terlebih dahulu dilakukan penghilangan kotoran pada permukaan bahan, pencucian plating dasar dan pembilasan. Setelah melalui proses tersebut bahan siap dilapis. Komponen utama industri ini adalah air dan padatan  $\text{CrO}_3$  yang digunakan sebagai zat pewarna dan pelapis. Proses pelapisan tersebut menghasilkan limbah ion logam Cr. Limbah cair berasal dari bak plating yang sudah jenuh dan air bekas pembilasan logam yang telah terlapis. Sumber ion logam krom didapat dari asam kromat yang digunakan saat pelapisan dan masih tersisa pada saat pembilasan. Adapun warna dari limbah cair ini adalah kuning, yakni Cr(VI) sebagai kromat (Hartomo, 1992).

Berdasarkan surat keputusan pemerintah Provinsi Jawa Tengah No. 10 tahun 2004, tentang baku mutu air limbah pada industri pelapisan logam yang boleh dialirkan ke air permukaan untuk Cr(VI) sebesar 0,1 mg/L. Oleh karena itu kandungan ion logam Cr(VI) dalam limbah industri yang melebihi ambang batas harus diminimalkan.

## 2.7 HIPOTESIS

Karbon aktif dari batang pisang mampu mengadsorpsi ion logam Cr(VI) pada air limbah industri pelapisan logam.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Lokasi Penelitian**

Kegiatan penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang. Preparasi karbon aktif batang pisang, karakterisasi kadar air, kadar abu, luas permukaan dengan larutan metilen biru dan uji aktivitas dilakukan di Laboratorium Kimia Fisik Universitas Negeri Semarang, sedangkan karakterisasi struktur karbon amorf menggunakan difraksi sinar X (X-RD) dilakukan di Laboratorium Kimia Fisika Universitas Gadjah Mada.

#### **3.2 Populasi dan Sampel**

Populasi dalam penelitian ini adalah limbah ion logam Cr(VI) pada air limbah industri pelapisan logam PT. X dikawasan industri kota Tegal, sehingga sampelnya adalah Cuplikan limbah industri PT. X yang mengandung ion logam Cr(VI) sebagai adsorbat.

#### **3.3 Variabel Penelitian**

Variabel penelitian adalah objek penelitian atau apa yang menjadi titik perhatian dalam penelitian ini. Dalam hal ini dibagi menjadi 3 macam, yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol.

### 3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang akan diteliti pengaruhnya terhadap variabel terikat. Pada penelitian ini variabel bebasnya adalah konsentrasi Cr(VI) dan waktu kontak.

### 3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang menjadi titik pusat penelitian. Pada penelitian ini variabel terikatnya adalah konsentrasi ion logam Cr(VI) sisa setelah di adsorpsi yang kemudian digunakan untuk menghitung ion Cr(VI) yang teradsorpsi.

### 3.3.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol merupakan variabel yang mempengaruhi hasil reaksi, akan tetapi dijaga agar tetap konstan. Pada penelitian ini variabel kontrolnya adalah waktu pirolisis (2 jam), temperatur pirolisis (550°C) massa adsorben (0,1 gram), pH limbah Cr(VI) (pH=2), volume larutan (50 ml).

## 3.4 Alat Dan Bahan

### 3.4.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Alat preparasi: Gelas kimia Pyrex 500 mL, gelas ukur 10 mL, ayakan 100 *mesh*, corong, kertas saring halus, lumpang dan mortar porselen, oven pengering Memmert, pipet tetes, neraca analitik AND 2000, dan seperangkat reaktor pirolisis.

- b. Alat karakterisasi: Oven pengering Memmert, Furnice, *X-ray Diffraktrometer* Philips tipe X'Pert dan *Diffuse Reflectance-UV* (DR-UV).
- c. Alat uji aktivitas: Gelas kimia Pyrex 100 mL, labu ukur Pyrex (250 mL, 50 mL), *shaker*, erlenmeyer pyrex 250 ml, pipet volume Pyrex (1ml, 5 mL, 10 mL, 25 mL), pipet tetes, neraca analitik AND 2000.

3.4.2 Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Bahan preparasi: batang pisang kering, gas N<sub>2</sub>, CrO<sub>3</sub> p.a (Merck).
- b. Bahan karakterisasi: Zat warna metilen biru dari toko kimia Indrasari dan adsorben karbon aktif batang pisang.
- c. Bahan uji aktivitas: aquades, HNO<sub>3</sub> 1 M (Merck), larutan Cr(VI), cuplikan limbah yang mengandung Cr(VI) dan adsorben.

### **3.5 Cara Kerja**

#### 3.5.1 Preparasi Adsorben Karbon Aktif Batang Pisang

- a. Batang pisang dipotong berbentuk kubus dengan ukuran 1 x 1 x 1 cm, kemudian dikeringkan dengan penjemuran selama 1 minggu dan dilanjutkan dengan pengovenan pada suhu 110<sup>0</sup>C selama 5 jam.
- b. Sampel dipirolisis dengan cara dipanaskan pada suhu 550<sup>0</sup>C selama 1,5 jam.
- c. Bersamaan dengan itu juga dilanjutkan aktivasi dengan dialiri gas N<sub>2</sub> selama 0,5 jam. Gas N<sub>2</sub> dialirkan dengan laju konstan (100 cm<sup>3</sup>/menit) dan tekanan 1 atmosfer.

- d. Reaktor didinginkan selama 1 jam sampai suhu tertentu, kemudian arang aktif dikeluarkan dari reaktor.
- e. Karbon aktif yang diperoleh di ayak dengan ukuran 100 mesh.

### 3.5.2 Karakterisasi Adsorben Karbon Aktif Batang Pisang

#### a. Pengujian kadar air

Metode AOAC (Association of Official Analytical Chemist) cara pemanasan (Sudarmadji, dkk. 1994).

- 1) Ditimbang sebanyak 2 gram adsorben dalam cawan porselin yang telah diketahui beratnya.
- 2) Dimasukkan dalam oven pada suhu 120<sup>0</sup>C selama 2 jam. Kemudian didinginkan dalam desikator selama kurang lebih 20 menit dan ditimbang.
- 3) Dipanaskan lagi dalam oven, didinginkan dalam desikator. Diulangi hingga berat konstan.

Perhitungan kadar air dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ kadar air} = \frac{a - b}{c} \times 100\%$$

keterangan:

a = berat cawan dan sampel awal (gram)

b = berat cawan dan sampel setelah kering (gram)

c = berat sampel awal (gram)

kadar air maksimal dalam karbon aktif menurut Standar Internasional Industri (SII N0. 0258-79 adalah 10%).

b. Pengujian kadar abu

- 1) Ditimbang sebanyak 0,5 gram adsorben dalam krus porselin yang kering dan telah diketahui beratnya.
- 2) Lalu difurnice sampai diperoleh abu berwarna keputih-putihan.
- 3) Setelah dingin krus dan abu ditimbang.

Perhitungan kadar abu dapat dilakukan dengan rumus:

$$\% \text{ kadar abu} = \frac{a - b}{c} \times 100\%$$

keterangan:

a = berat krus dan sampel awal (gram)

b = berat krus dan sampel setelah menjadi abu (gram)

c = berat sampel awal (gram)

kadar abu maksimal menurut Standar Internasional Industri (SII N0. 0258-79) adalah 2,5%.

c. Penentuan luas permukaan dengan Metilen Biru

Penentuan Panjang Gelombang Maksimum:

- 1) Membuat larutan metilen biru dengan konsentrasi 5 ppm.
- 2) Mengukur absorbansinya pada panjang gelombang 500-700 nm.
- 3) Dari absorbansi yang diperoleh maka dapat diketahui panjang gelombang tertentu yang digunakan untuk pengukuran langkah selanjutnya.

Pembuatan Kurva Kalibrasi Metilen Biru:

- 1) Membuat larutan metilen biru dengan konsentrasi 0, 2, 4, 5, 6 dan 8 ppm.

- 2) Mengukur absorbansi dari masing-masing konsentrasi dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum.
- 3) Membuat kurva kalibrasi dari pengukuran absorbansi tersebut.
- 4) Untuk menentukan luas permukaan pada karbon aktif maka adsorben (0,1 gram) ditambahkan ke dalam larutan metilen biru 100 ppm (100 mL) dan digojog dengan *shaker* pada variasi waktu kontak 20, 30, 40, 50, 60, 70 dan 80 menit.
- 5) Larutan hasil pengadukan disaring dan filtrat yang di peroleh diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum dengan spektrofotometer Uv-Vis untuk mendapatkan berat teradsorpsi maksimum (mg/g).

Karakteristik karbon aktif harus sesuai dengan Standart Industri Indonesia No. 0258-79 (Depperindag, 2004) tentang pembuatan karbon aktif yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Persyaratan Karbon Aktif Menurut SII No. 0258-79

Jenis Uji	SII No. 0258-79
Kadar Abu	Maksimum 2,5%
Kadar Air	Maksimum 10%
Luas permukaan	300-3500 m <sup>2</sup> /g

(Anonymous 1979)

#### d. X-Ray Diffraction (X-RD)

Pengujian XRD dilakukan untuk identifikasi padatan karbon aktif yang telah disintesis. Penentuan jenis arang aktif yang diperoleh ditentukan berdasarkan pola difraksi pada hasil analisis XRD.

Analisis difraksi sinar X dilakukan menggunakan alat XRD merk Shimadzu XD-160 dengan panjang gelombang 1,54060 Å menggunakan radiasi dari tabung target Cu, tegangan 40, 0 kV, arus 30, 0 mA dan daerah pengamatan antara 3,000-90,00 derajat. Identifikasi dilakukan dengan mencocokkan pola difraksi sinar X dengan difraksi menurut standar JCPDS (*Joint Commite of Powder Difrraction Standar*).

### 3.5.3 Karakterisasi Awal Limbah Elektroplating

Sebelum dilakukan penelitian, limbah elektroplating dikarakterisasi terlebih dahulu menggunakan AAS untuk mengetahui kadar awal ion logamnya. Karakterisasi dilakukan dengan menambahkan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) kedalam limbah sampai pH 2, kemudian menyaring limbah awal dengan menggunakan kertas saring untuk diambil filtratnya. Filtrat diuji serapannya terhadap ion logam Cr(VI) dengan AAS.

### 3.5.4 Pembuatan Larutan Kalibrasi Kromium (Cr)

#### a. Membuat larutan ion logam Cr(VI) 1000 ppm

Sebanyak 0,0915 gram  $\text{CrO}_3$  dimasukkan dalam labu ukur 50 ml, dilarutkan dengan aquademin sedikit demi sedikit sampai larut, kemudian diencerkan sampai tanda batas.

#### b. Membuat larutan ion logam Cr(VI) 100 ppm

Mengambil 5 ml larutan induk ion logam Cr 1000 ppm dengan pipet ukur, masing-masing dimasukan dalam labu takar 50 ml dan ditambah dengan larutan pengencer (akuades yang telah diberi asam nitrat pekat sampai pH 2) sampai tanda batas.

#### c. Membuat larutan ion logam Cr(VI) 10 ppm

Mengambil 0,5 ml larutan induk ion logam Cr 1000 ppm dengan pipet ukur masing-masing dimasukkan dalam labu takar 50 ml dan ditambah dengan larutan pengencer sampai tanda batas.

- d. Membuat larutan untuk kurva kalibrasi dengan kadar 1 ppm, 3 ppm, 5 ppm, 7 ppm dan 9 ppm.

Mengambil larutan ion logam Cr(VI) 1000 ppm sebanyak 0,45ml; 0,35ml; 0,25ml; 0,15ml dan 0,05ml, dengan pipet ukur kedalam labu takar 50ml, ditambah larutan pengencer sampai tanda batas, kemudian diukur absorbansinya.

### 3.5.5 Optimasi Penyerapan Logam Cr(VI) Oleh Adsorben Karbon Aktif Batang Pisang

#### 3.5.5.1 Penentuan Konsentrasi Optimum

- a. Membuat larutan Cr(VI) dengan konsentrasi 10, 20, 30, 50, 70, 80, dan 100 ppm. Masing-masing diukur absorbansinya.
- b. Sebanyak 50 ml larutan Cr(VI) dimasukkan dalam erlenmeyer.
- c. Tambahkan sebanyak 0,1 gram arang aktif kedalam erlenmeyer tersebut, kemudian digojog dengan *shaker* selama 60 menit.
- d. Campuran disaring menggunakan kertas saring
- e. Filtrat yang diperoleh diukur adsorbansinya dengan AAS
- f. Perlakuan di ulangi dua kali.

Jumlah Cr(VI) teradsorpsi dihitung dari selisih konsentrasi awal dan akhir Cr(VI) dalam filtrat.

### 3.5.5.2 Penentuan Waktu Optimum

- a. Dilakukan interaksi antara 0,1 gram karbon aktif dengan 50 ml larutan Cr(VI) kedalam erlenmeyer.
- b. Campuran diinteraksikan dengan cara digojog dengan *shaker* pada variasi waktu 20, 40, 60, 80, 100, 120 dan 140 menit.
- c. Campuran disaring dengan kertas saring.
- d. Filtrat yang diperoleh dianalisis dengan AAS.
- e. Perlakuan diulangi dua kali

Jumlah Cr(VI) teradsorpsi dihitung dari selisih konsentrasi awal dan akhir Cr(VI) dalam filtrat.

### 3.5.5.3 Aplikasi Terhadap Limbah Cr(VI)

Diambil konsentrasi optimasi dan waktu optimasi yang telah diperoleh sebelumnya, kemudian diaplikasikan terhadap limbah, dengan cara:

- a. Diinteraksikan 0,1 gram adsorben arang aktif dan 50 ml limbah yang telah diketahui konsentrasinya.
- b. Campuran digojog dengan bantuan *shaker* pada waktu setimbang yang telah diperoleh.
- c. Campuran disaring
- d. Filtrat diukur serapannya dengan AAS.
- e. Pengukuran diulangi 2x.

Jumlah Cr(VI) teradsorpsi dihitung dari selisih konsentrasi awal dan akhir Cr(VI) dalam filtrat.

### 3.6 Metode Analisis Data

#### Tabel rancangan hasil penelitian

Tabel 3. Hasil Pengamatan Karakteristik Karbon Aktif Batang Pisang

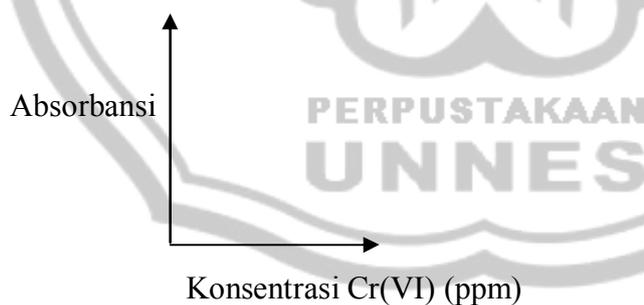
Jenis Uji	Batang pisang	SII No.0258-79
Kadar Abu		Minimum 2,5%
Kadar Air		Maksimum 10%
Luas permukaan		300-3500 m <sup>2</sup> /g

Tabel 4. Karakterisasi limbah Cr(VI) awal dengan AAS

Kurva kalibrasi

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	
1	
3	
5	
7	
9	

Dibuat grafik dengan memplotkan konsentrasi sebagai sumbu x dan absorbansi sebagai sumbu y. Persamaan garis yang diperoleh digunakan untuk mencari konsentrasi ion logam yang tersisa dalam filtrat.

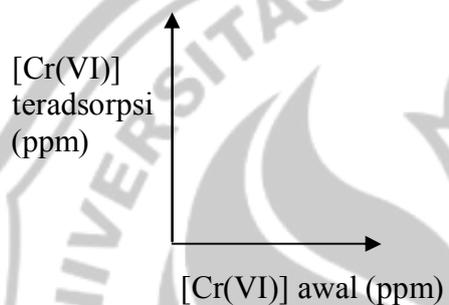


Gambar 7. Plot hubungan antara absorbansi terhadap [Cr(VI)]

Dari persamaan yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung kadar konsentrasi awal limbah Cr(VI).

Tabel 5. Optimasi Konsentrasi Cr (VI)

Konsentrasi awal (mg/L)	Absorbansi	Konsentrasi akhir (mg/L)	Konsentrasi teradsorpsi (mg/L)	Kapasitas adsorpsi (mg/g)
10				
20				
30				
50				
70				
80				
100				
110				



Gambar 8. Plot hubungan antara [Cr(VI)] teradsorpsi terhadap [Cr(VI)] awal.

Tabel 6. Parameter Adsorpsi Isoterm Langmuir

Adsorben	$r^2$	$1/C$ (mg/L)	$1/(x/m)$	$q_m(\text{mg/g})$	$b$
Arang aktif batang pisang					

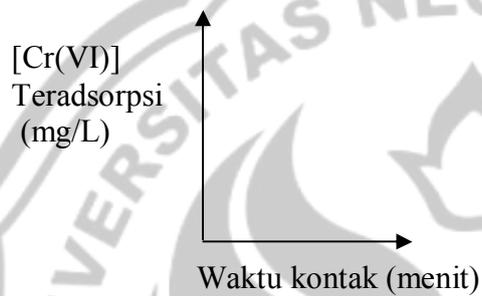
Tabel 7. Parameter Adsorpsi Isoterm Freundlich

Adsorben	$r^2$	Log C	Log(x/m)	Log K	1/n
Arang aktif batang pisang					

Kapasitas adsorpsi dicari dengan menggambarkan isoterm adsorpsi Langmuir, yaitu dengan menggabungkan grafik antara  $1/(x/m)$  terhadap  $1/C$  dan isoterm adsorpsi Freundlich, yaitu dengan mengalurkan grafik antara  $\log x/m$  terhadap  $\log C$ .

Tabel 8. Optimasi Waktu kontak

Waktu kontak (menit)	Absorbansi	Konsentrasi awal (mg/L)	Konsentrasi akhir (mg/L)	Konsentrasi teradsorpsi (mg/L)
20				
40				
60				
80				
100				
120				
140				



Gambar 9. Plot hubungan antara [Cr(VI)] teradsorpsi terhadap waktu kontak

Kinetika adsorpsi dipelajari menggunakan kinetika reaksi orde pertama dan orde kedua. Konstanta laju ( $k_1$ ) untuk kinetika reaksi orde pertama dalam proses adsorpsi ini dihitung dari *slope* pada plot linear dari  $\ln [A]$  terhadap  $t$ , sedangkan kinetika reaksi orde kedua dengan mengalurkan grafik antara  $1/[A]$  terhadap  $t$  diperoleh *slope* untuk mencari konstanta laju ( $k_2$ ). Untuk mengetahui orde reaksi yang sesuai dilihat dari nilai koefisien regresi linier pada kurva yang diperoleh.

Tabel. 9 Parameter kinetika adsorpsi untuk orde 1

Waktu (menit)	Konsentrasi awal $[A]_0$ (ppm)	Konsentrasi akhir $[A]$ (ppm)	$\ln [A]$	Konstanta laju ( $k_1$ )	$R^2$
20					
40					
60					
80					
100					
120					
140					

Tabel 10. Parameter Kinetika Adsorpsi Untuk Orde 2

Waktu (menit)	Konsentrasi awal $[A]_0$ (ppm)	Konsentrasi akhir $[A]$ (ppm)	$\frac{1}{[A]}$	Konstanta laju $k_2$	$R^2$
20					
40					
60					
80					
100					
120					
140					

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Penelitian tentang pembuatan karbon aktif dari batang pisang sebagai adsorben untuk penyerapan ion logam Cr(VI) pada air limbah industri telah dilakukan pada tanggal 28 Agustus 2010 sampai 6 Desember 2010 di Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang. Peneliti melakukan penelitian tentang optimasi konsentrasi dan optimasi waktu pada larutan ion logam Cr(VI) yang kemudian dicari kapasitas adsorpsi dan kinetika adsorpsinya untuk diaplikasikan terhadap limbah logam ion Cr(VI) pada industri pelapisan logam.

#### **4.1 Karakterisasi Adsorben Karbon Aktif Batang Pisang**

##### **4.1.1 Pengujian Kadar Air**

Kadar air merupakan salah satu parameter standarisasi karbon aktif. Kandungan air dalam karbon aktif dipengaruhi oleh temperatur dan waktu pirolisis dalam reaktor. Semakin tinggi temperatur pirolisis serta bertambahnya waktu pirolisis mengakibatkan kandungan air dalam karbon semakin rendah. Hal ini disebabkan pada temperatur diatas 100°C, air mulai berubah fasa menjadi uap. Apabila temperatur dan waktu pirolisis lama, maka air yang masih terperangkap di dalam pori-pori karbon dapat lepas sehingga kandungan air dalam karbon aktif semakin kecil.

Pengujian kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis karbon aktif. Pada penelitian ini diperoleh kadar air karbon aktif sebesar 7,8 %, perhitungannya dapat dilihat pada lampiran 4. Berdasarkan SII, kadar air karbon aktif yang diizinkan maksimal sebesar 10 %. Hal ini menunjukkan bahwa karbon aktif dari batang pisang memenuhi kadar air standar mutu karbon aktif, sehingga dapat digunakan sebagai adsorben.

#### **4.1.2 Pengujian Kadar Abu**

Penetapan kadar abu karbon aktif dilakukan untuk mengetahui kandungan oksida logam dalam karbon aktif. Pada penelitian ini kadar abu yang dihasilkan sebesar 6,75% (Lampiran 4). Dari analisis yang diperoleh kadar abu yang dihasilkan melebihi batas maksimum kadar abu untuk karbon aktif yaitu 2,5% berdasarkan SII. Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat diketahui bahwa batang pisang mengandung oksida logam yaitu Silikon Oksida ( $\text{SiO}_2$ ), sehingga ketika proses karbonisasi terjadi kontak dengan oksigen akan menghasilkan abu sebagai hasil pembakaran lebih lanjut.

#### **4.1.3 Pengujian Luas Permukaan**

Untuk menentukan kapasitas adsorpsi karbon aktif digunakan larutan metilen biru. Kapasitas adsorpsi berhubungan dengan luas permukaan, semakin luas permukaannya maka kemampuan untuk mengadsorpsi pada adsorben semakin besar. Pada penelitian ini Karbon aktif diujikan untuk mengadsorpsi larutan metilen biru. Untuk menentukan panjang gelombang maksimum, dibuat larutan metilen biru 5 ppm (50 mL), diukur absorbansinya pada berbagai panjang gelombang 500 nm sampai 700 nm.

Kurva standar metilen biru dibuat berdasarkan pengukuran adsorpsi dari konsentrasi 0, 2, 4, 5, 6 dan 8 ppm pada panjang gelombang maksimum yang diperoleh dari penelitian ini yaitu 664 nm. Kurva kalibrasi ini dibuat untuk menentukan kadar metilen biru yang terserap oleh karbon aktif.

Penentuan waktu kontak optimum nantinya digunakan untuk menentukan luas permukaan karbon aktif. Untuk menentukan waktu kontak optimum maka karbon aktif (0,1 gr) ditambahkan ke dalam larutan metilen biru 100 ppm (100 mL), di gojog dengan *shaker* pada variasi waktu kontak 20, 30, 40, 50, 60, 70 dan 80 menit. Larutan hasil pengocokan disaring, diukur absorbansinya untuk mendapatkan zat teradsorpsi maksimum (mg/g) dan luas permukaan dihitung dengan menggunakan rumus:

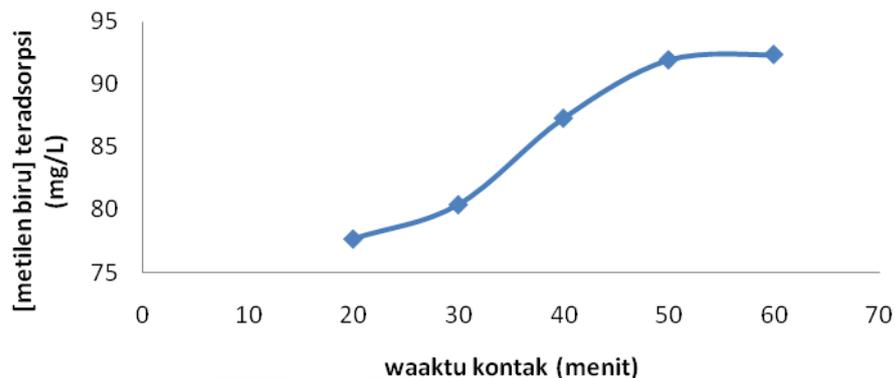
$$S = \frac{X_m \cdot N \cdot a}{M_r}$$

Keterangan:

- S = luas permukaan adsorben ( $\text{m}^2/\text{g}$ )
- N = bilangan Avogadro ( $6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ )
- $X_m$  = berat adsorbat teradsorpsi (mg/g)
- a = luas penutupan oleh 1 molekul metilen biru ( $197 \cdot 10^{-20} \text{ m}^2$ )
- $M_r$  = massa molekul relatif metilen biru (320,5 g/mol)

(Rahmawati, 2003).

Dari data perhitungan dibuat hubungan antara waktu kontak dengan persentase metilen biru yang terserap yang ditunjukkan pada Gambar 10.

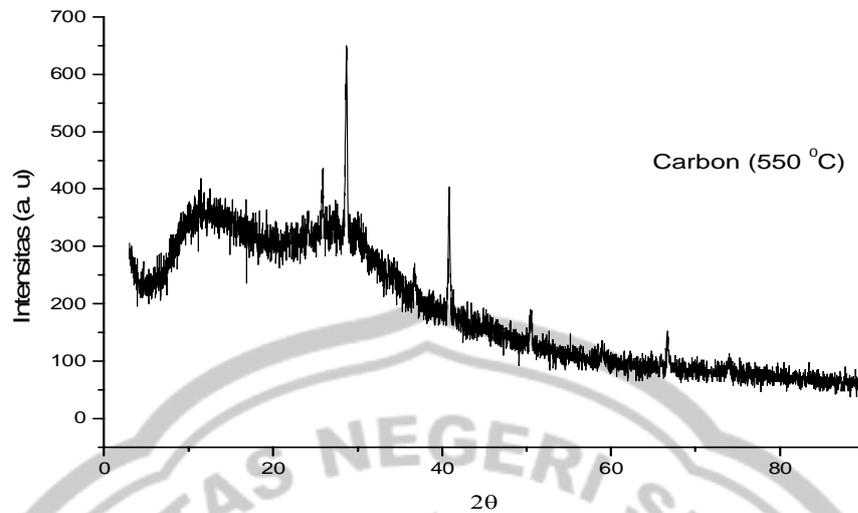


Gambar 10. Grafik Optimasi Waktu Kontak Larutan Metilen Biru dengan adsorben karbon aktif batang pisang

Berdasarkan grafik Gambar 10 dapat dilihat bahwa waktu kontak optimum yang diperlukan untuk menyerap larutan metilen biru oleh karbon aktif adalah 50 menit. Aktivasi yang dilakukan pada karbon bertujuan untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang terdapat pada permukaan karbon aktif sehingga pori-porinya terbuka. Pada penelitian ini dilakukan aktivasi karbon dengan menggunakan gas nitrogen ( $N_2$ ) karena gas nitrogen adalah gas inert yang tidak bereaksi dengan karbon sehingga diharapkan tidak terjadi oksidasi yang menyebabkan pembentukan abu berlebihan sehingga nantinya tidak akan mengganggu proses penyerapan larutan logam berat, dari hasil penelitian didapatkan luas permukaan spesifik karbon aktif adalah  $341,981 \text{ m}^2/\text{g}$  (Lampiran 4). Hal ini menunjukkan bahwa luas permukaan karbon aktif hasil sintesis sesuai dengan SII yaitu sekitar  $300\text{-}3500 \text{ m}^2/\text{g}$ .

#### 4.1.4 Analisis Difraksi Sinar X

Karakterisasi dengan XRD dilakukan untuk identifikasi padatan dari karbon aktif yang telah dihasilkan. Pola difraksi sinar X untuk karbon amorf disajikan pada Gambar 11.



Gambar 11. Pola difraksi karbon amorf

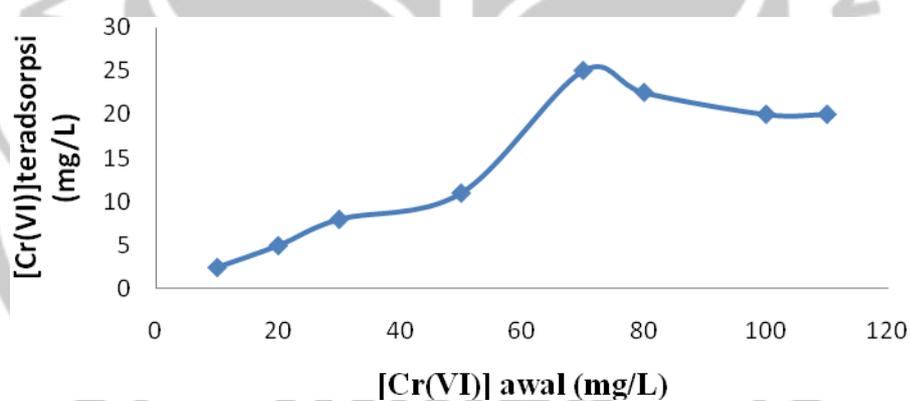
Sesuai analisis tersebut dapat diketahui bahwa pada karbon aktif yang dipirolisis pada suhu 550°C menghasilkan karbon amorf yaitu dilihat berdasarkan standar JCPDF (*Joint Commite of Powder Diffraction Standar*) #80-0004 karbon amorf terdistribusi merata pada garis dasar yaitu pada  $2\theta = 41,700$ ;  $2\theta = 43,6625$ ;  $2\theta = 47,5960$ ; dan  $2\theta = 82,9433$  dengan intensitas yang rendah. Sedangkan terdapat fasa pengotor yaitu Silikon Oksida ( $\text{SiO}_2$ ) yang terlihat dengan populasi yang sangat kecil pada standar JCPDF #83-1828 yaitu pada  $2\theta = 40,7639$  dan  $2\theta = 28,5951$  (Lampiran 5).

Sifat nonkristalin/amorf ditunjukkan pada puncak-puncak difraktogram yang puncaknya tumpul dan intensitasnya rendah. Dari difraktogram hasil sintesis karbon aktif batang pisang pada gambar 11 dapat dinyatakan bahwa karbon aktif yang telah disintesis bersifat amorf.

## 4.2 Optimasi Penyerapan Logam Cr(VI) Oleh Adsorben Karbon Aktif Batang Pisang

### 4.2.1 Konsentrasi Optimum

Optimasi konsentrasi bertujuan untuk mengetahui besarnya konsentrasi adsorbat optimum yang dapat diadsorpsi oleh adsorben karbon aktif. Pada penelitian ini variasi konsentrasinya adalah 10, 20, 30, 50, 70, 80, 100 dan 110 ppm. waktu kontak yang digunakan pada analisis optimasi konsentrasi ini adalah 60 menit. Banyaknya karbon aktif yang digunakan adalah 0,1 gram dengan volume larutan uji 50 ml. Dari data pada lampiran 2 dapat dibuat hubungan antara konsentrasi ion Cr(VI) awal dengan banyaknya Cr(VI) teradsorpsi dari larutan uji seperti ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Optimasi konsentrasi logam pada penyerapan ion logam Cr(VI) dalam larutan oleh karbon aktif batang pisang

Grafik di atas menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi larutan logam maka konsentrasi logam yang teradsorpsi semakin besar begitu juga dengan daya serap karbon aktif batang pisang juga semakin besar. Dari grafik Gambar 12 di atas dapat dilihat naiknya konsentrasi ion logam Cr(VI)

teradsorpsi. penyerapan konsentrasi optimum adalah pada penyerapan 70 ppm dengan banyaknya ion logam Cr(VI) teradsorpsi sebesar 25 ppm dan kapasitas adsorpsi 12,5 mg/g. Penyerapan terhadap ion logam cenderung meningkat dengan naiknya konsentrasi awal larutan. Hal ini terjadi karena pada awal penyerapan, permukaan adsorben masih belum terlalu banyak berikatan dengan ion logam sehingga proses penyerapan berlangsung kurang efektif. Penyerapan optimum terjadi pada konsentrasi 70 ppm, Pada keadaan ini, kapasitas adsorpsi permukaan karbon aktif telah jenuh dan telah tercapai kesetimbangan antara konsentrasi ion logam dalam karbon aktif dengan lingkungannya sehingga penyerapan pada konsentrasi diatas 70 ppm menjadi konstan atau hampir sama.

Berdasarkan uraian di atas dapat dinyatakan bahwa adsorpsi ion Cr(VI) pada karbon aktif bergantung pada konsentrasi awal dan bertambah dengan bertambahnya konsentrasi awal. Hal ini terjadi karena adsorpsi merupakan sistem kesetimbangan. Kesetimbangan adsorpsi dapat dituliskan sebagai berikut:



A : Molekul adsorbat

Z : Molekul Adsorben

AZ : kompleks adsorben dan adsorbat

Pada reaksi kesetimbangan tersebut, penambahan adsorbat menyebabkan kesetimbangan bergeser ke kanan, yaitu ke arah produk. Hal ini berarti terjadi penambahan jumlah ion logam yang teradsorpsi (Oscich, 1982).

Peristiwa adsorpsi terjadi karena permukaan adsorben mengalami ketidakseimbangan gaya, akibatnya permukaan adsorben tersebut mudah menarik zat lain, sehingga kesetimbangan gaya tercapai. Daya adsorpsi arang aktif disebabkan karena arang mempunyai pori-pori dalam jumlah besar dan adsorpsi terjadi karena adanya perbedaan energi potensial antara permukaan arang dan zat yang teradsorpsi.

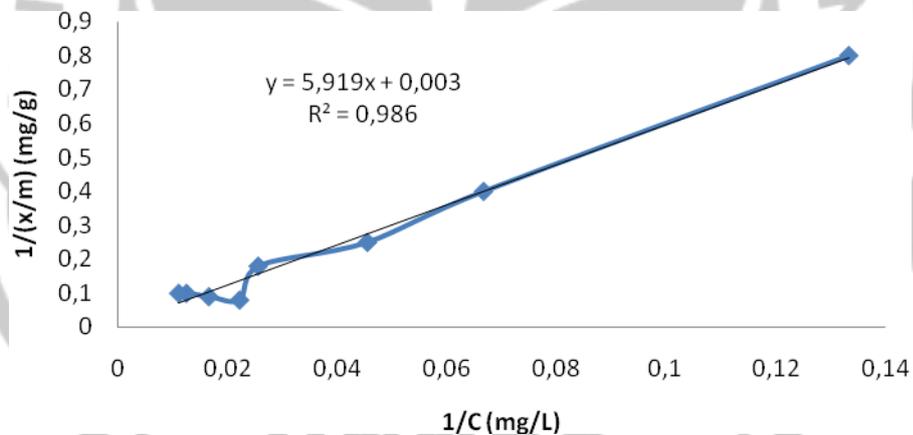
Karbon aktif yang digunakan sebagai adsorben dapat mengadsorpsi logam Cr(VI). Hal ini dikarenakan karbon aktif tersebut merupakan karbon amorf yang pada pembentukannya (pada saat pirolisis) atom karbon yang dihasilkan terikat membentuk struktur segi enam dengan atom-atom karbon terletak pada setiap sudutnya. Ketidakteraturan penataan antar lapisan maupun cincin segi enam yang dimiliki, mengakibatkan tersedianya ruang-ruang dalam struktur arang aktif yang menyebabkan adsorbat masuk dalam struktur arang aktif berpori.

Mekanisme dalam peristiwa adsorpsi adalah molekul adsorbat berdifusi melalui lapisan batas ke permukaan luar adsorben, sebagian ada yang teradsorpsi dipermukaan luar dan sebagian besar berdifusi lanjut ke dalam pori-pori adsorben. Apabila kapasitas adsorpsi masih besar maka sebagian besar akan teradsorpsi dipermukaan.

Untuk mengetahui kapasitas adsorpsi maksimum yang dapat diadsorpsi oleh karbon aktif batang pisang terhadap ion logam Cr(VI) maka dilakukan dengan menggunakan model isoterm adsorpsi.

Model isotherm Langmuir mengasumsikan bahwa permukaan adsorben adalah homogen dan besarnya energi adsorpsi ekuivalen untuk setiap situs adsorpsi. Adsorpsi secara kimia terjadi karena adanya interaksi antara situs aktif adsorben dengan zat teradsorpsi dan interaksi hanya terjadi pada lapisan penyerapan tunggal (*monolayer adsorption*) permukaan dinding sel adsorben (Amri, dkk., 2004).

Penentuan kapasitas adsorpsi menggunakan model isotherm Langmuir dikaji pada kurva isotherm adsorpsi yang dibuat dengan cara memplotkan konsentrasi ion logam dalam kesetimbangan versus jumlah ion logam yang teradsorpsi. Kurva isotherm adsorpsi Cr(VI) pada adsorben karbon aktif disajikan dalam Gambar 13.



Gambar 13. Grafik linearitas isotherm adsorpsi langmuir pada adsorpsi ion logam Cr(VI) oleh karbon aktif batang pisang.

Berdasarkan kurva linear hubungan antara  $1/(x/m)$  dengan  $1/C$  dapat ditentukan harga kapasitas adsorpsi ( $q_m$ ) dan tetapan kesetimbangan ( $b$ ) dari intersep kurva.

Tabel 11. Parameter Adsorpsi Langmuir

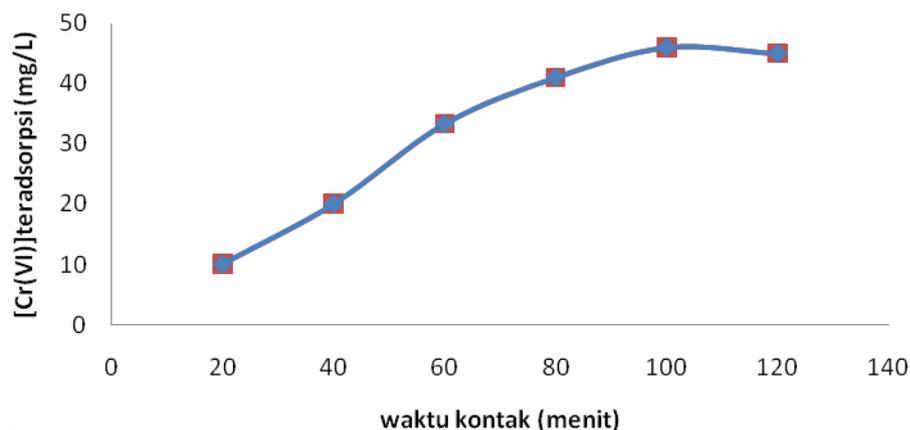
Adsorben	$r^2$	$q_m$ (mg/g)	B
Karbon aktif batang pisang	0,986	33,333	0,0005

Pada Tabel 11 dapat dilihat bahwa harga kapasitas adsorpsi maksimum karbon aktif dapat menyerap ion logam Cr(VI) menurut isoterm Langmuir sebesar 33,333 mg/g dengan koefisien regresi 0,986 dan harga tetapan kesetimbangan  $b=0,0005$ . Hal ini sesuai dengan penelitian Husni, dkk yaitu karbon aktif batang pisang mampu mengadsorpsi ion logam berat. Dari data pada lampiran 2 dapat diketahui bahwa adsorpsi ion logam Cr(VI) oleh karbon aktif mengikuti isoterm adsorpsi langmuir dilihat dari koefisien regresi yang diperoleh lebih besar dibandingkan isoterm adsorpsi freundlich yaitu  $R=0,894$ .

#### 4.2.2 Waktu Kontak Optimum dan Kinetika Adsorpsi

Waktu kontak merupakan lamanya waktu kontak antara adsorben (karbon aktif) dengan adsorbat (ion Cr(VI)) secara optimum dan untuk mengetahui kinetika adsorpsinya. Makin cepat periode kesetimbangan tercapai makin baik adsorben untuk digunakan dari sudut pandang waktu yang diperlukan. Optimasi waktu kontak bertujuan untuk mengetahui lamanya waktu kontak karbon aktif dapat mengadsorpsi ion logam Cr(VI) secara optimum. Pada penelitian ini variasi waktu kontak adalah 20, 40, 60, 80, 100, 120 dan 140 menit. Larutan Cr(VI) yang digunakan pada analisa optimasi waktu kontak ini adalah 70 ppm yang diperoleh dari hasil variasi konsentrasi optimum dan berat karbon aktif yang digunakan adalah 0,1 gram. Dari data lampiran 2 dapat

dibuat hubungan antara waktu kontak dengan konsentrasi ion Cr(VI) yang teradsorpsi dari larutan uji, seperti disajikan pada Gambar 14.

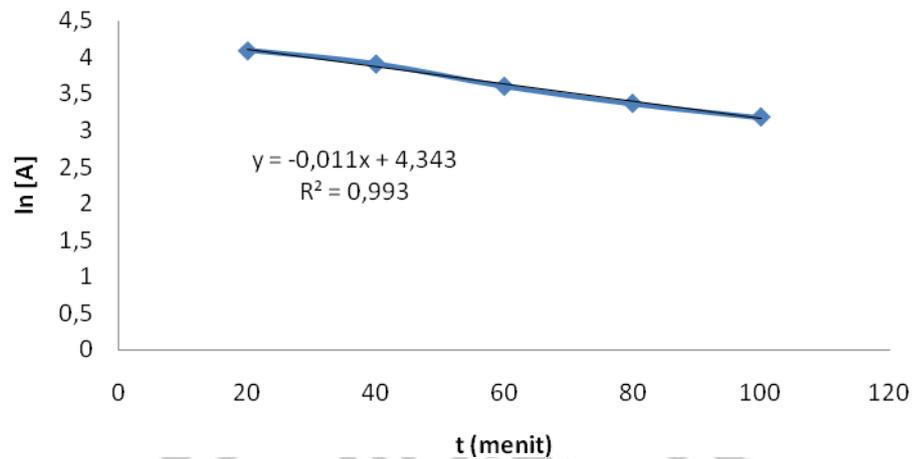


Gambar 14. Grafik Optimasi waktu kontak pada penyerapan ion logam Cr(VI) dalam larutan oleh karbon aktif batang pisang.

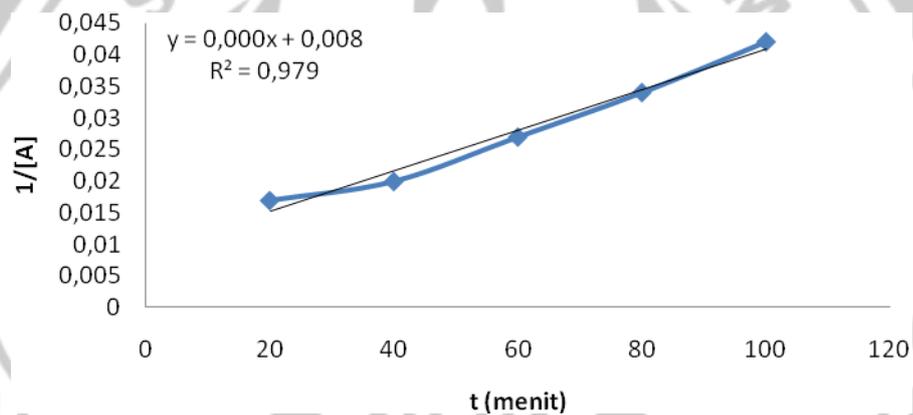
Grafik di atas menunjukkan bahwa Cr(VI) yang teradsorpsi semakin besar dengan bertambahnya waktu kontak. Hal ini disebabkan semakin lama waktu interaksi adsorben dengan adsorbat memungkinkan banyaknya tumbukan yang terjadi sehingga semakin banyak adsorbat yang terserap. Menurut teori tumbukan kecepatan reaksi bergantung pada jumlah tumbukan persatu satuan waktu, semakin banyak tumbukan yang terjadi maka reaksi semakin cepat berlangsung. Dari gambar 14 dapat dilihat naiknya konsentrasi Cr(VI) yang teradsorpsi paling besar dan mencapai titik optimum adalah pada menit ke-100 dengan konsentrasi Cr(VI) yang teradsorpsi sebesar 46 ppm. Pada 20 menit pertama adsorpsi ion logam Cr(VI) oleh karbon aktif adalah 10 ppm. Pada awal penyerapan, permukaan adsorben masih belum terlalu banyak menyerap ion Cr(VI) sehingga proses penyerapan berlangsung kurang efektif. Daya adsorpsi ion Cr(VI) semakin meningkat sampai pada waktu 100 menit yaitu

dengan besarnya konsentrasi Cr(VI) teradsorpsi 20 ppm; 33,3 ppm; 41 ppm dan 46 ppm. Setelah interaksi berlangsung selama 100 menit, adsorpsi ion logam Cr(VI) oleh karbon aktif konstan, hal ini menunjukkan telah tercapainya keadaan kesetimbangan. Waktu kesetimbangan ditentukan untuk mengetahui kapan suatu adsorben mengalami kejenuhan sehingga proses adsorpsi terhenti. Pada keadaan ini, kapasitas adsorpsi permukaan karbon aktif telah jenuh dan telah tercapai kesetimbangan antara konsentrasi ion logam Cr(VI) dalam karbon aktif dengan lingkungannya sehingga penyerapan pada waktu kontak diatas 100 menit menjadi konstan atau hampir sama. Jika permukaan tertutup oleh lapisan molekuler, maka kapasitas adsorpsi telah habis (Masduqi dan Slamet, 2003).

Kinetika adsorpsi digunakan untuk mengetahui laju adsorpsi yang terjadi pada adsorben terhadap adsorbat dan dipengaruhi oleh waktu. Waktu kontak yang diperlukan untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi dijadikan sebagai ukuran laju adsorpsi. Pada penelitian ini pengujian laju adsorpsi dilakukan dengan menduga orde reaksinya. Orde reaksi laju suatu reaksi kimia atau proses kimia diartikan sebagai kecepatan terjadinya suatu reaksi. Reaksi orde 1 dilakukan dengan mengplotkan konsentrasi ( $\ln[A]$ ) versus waktu, yang disajikan pada gambar 15.



Gambar 15. Grafik kinetika adsorpsi orde 1



Gambar 16. Grafik kinetika adsorpsi orde 2

Tabel 12. Parameter kinetika adsorpsi

Orde Reaksi	k (menit) <sup>-1</sup>	R <sup>2</sup>
1	0,011	0,993
2	0,000	0,979

Berdasarkan grafik yang dihasilkan dapat diketahui bahwa adsorpsi karbon aktif batang pisang terhadap logam Cr(VI) mengikuti orde 1 dengan  $K = 0,011 \text{ m}^{-1}$  dan  $R^2 = 0,993$  ( lampiran 2).

### **4.3 Aplikasi karbon aktif terhadap limbah Cr(VI) pada limbah industri pelapisan logam**

Aplikasi karbon aktif dalam limbah logam Cr(VI) dilakukan dengan menginteraksikan 0,1 gram karbon aktif kedalam 50 ml limbah logam Cr(VI) pada konsentrasi dan waktu optimum yang telah diperoleh pada adsorpsi larutan Cr(VI) sebelumnya, yaitu pada konsentrasi 70 ppm digunakan waktu kontak 100 menit. Limbah yang digunakan sebelumnya telah diukur besarnya kandungan logam Cr(VI) didalamnya. Besarnya konsentrasi limbah awal adalah 10,6 ppm, maka adsorpsi dilakukan pada waktu 15 menit sebagai waktu setimbang, waktu yang digunakan diambil dari waktu kesetimbangan yang sebelumnya diperoleh, tetapi karena kadar logam pada limbah tidak sebesar kadar logam dalam larutan maka waktu yang diperoleh tersebut digunakan sebagai pembanding. kemudian campuran disaring dan filtrat yang dihasilkan dianalisis dengan AAS. Hasil analisis pada lampiran 4 diperoleh besar limbah teradsorpsi adalah 3,7 ppm dari konsentrasi limbah awal 10,6 ppm, diperoleh kapasitas adsorpsi 1,85 mg/g. Hasil ini sesuai dengan hipotesis yang menunjukkan bahwa adsorben karbon aktif dapat digunakan untuk mengadsorpsi limbah Cr(VI), diketahui % limbah teradsorpsi sebesar 34,905%.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 SIMPULAN

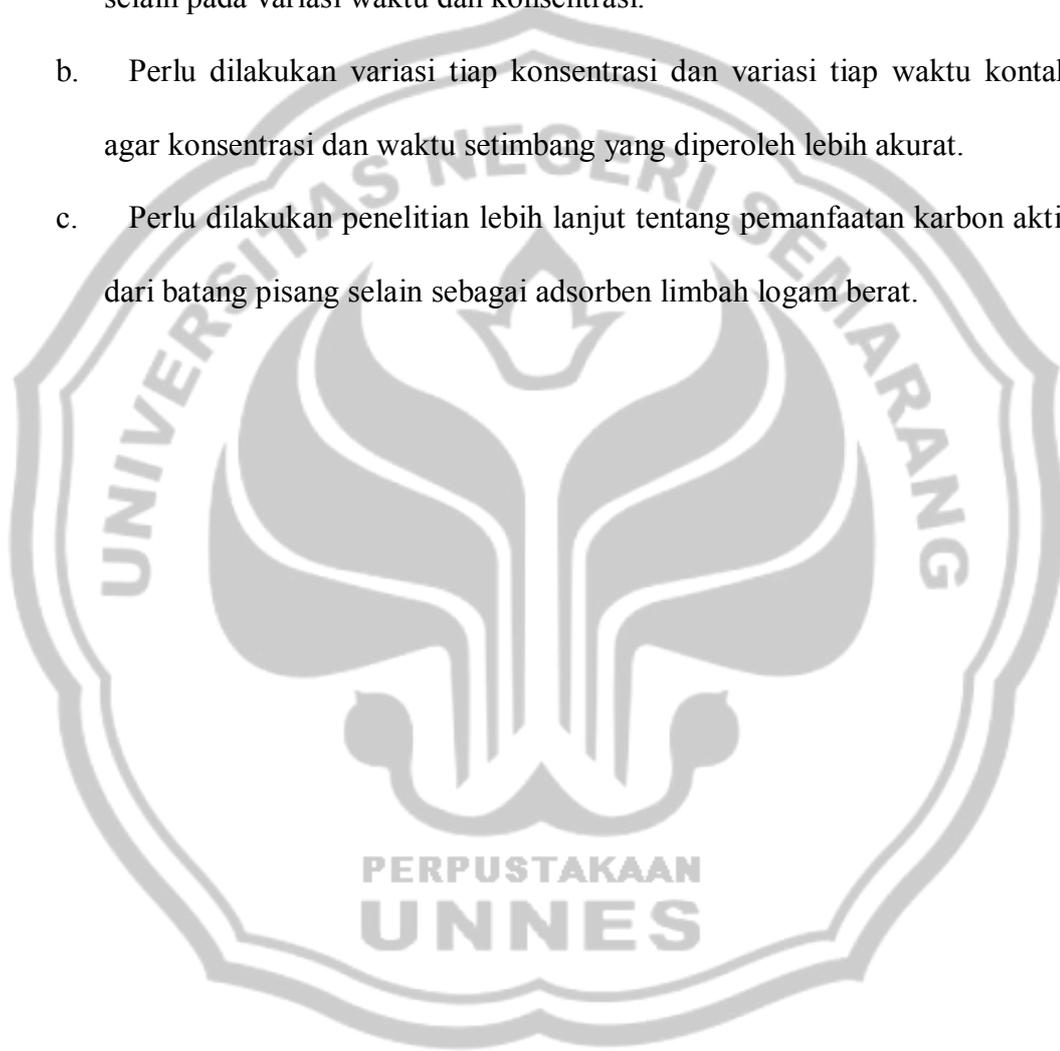
Dari data hasil pengamatan yang telah dianalisis dan dibahas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Karakteristik adsorben yang digunakan untuk adsorpsi diperoleh % kadar air = 7,8%, % kadar abu = 6,75%, karbon aktif berupa senyawa amorf dengan luas permukaan karbon aktif sebesar 341,981 m<sup>2</sup>/g.
- b. Waktu kontak optimum untuk penyerapan ion logam Cr(VI) dalam larutan oleh karbon aktif adalah 100 menit dengan Cr(VI) terserap sebanyak 46 ppm.
- c. Konsentrasi larutan logam Cr(VI) optimum untuk penyerapan ion logam Cr(VI) dalam larutan oleh karbon aktif adalah 70 ppm dengan daya serap sebesar 12,5 mg/g.
- d. Kapasitas adsorpsi maksimum diperoleh dari persamaan isoterm adsorpsi yang mengikuti isoterm adsorpsi langmuir dengan  $R^2 = 0,986$  dan diperoleh kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 33,333 mg/g dengan konstanta kesetimbangan 0,005.
- e. Adsorpsi karbon aktif batang pisang terhadap ion logam Cr(VI) mengikuti orde 1 dengan  $R^2 = 0,993$  dan  $K = 0,011 \text{ m}^{-1}$ .
- f. Karbon aktif batang pisang mampu menyerap kadar Cr(VI) dalam limbah dengan % limbah teradsorpsi sebesar 34,905%.

## 5.2 SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka penulis dapat memberikan saran-saran sebagai berikut :

- a. Perlu dilakukan variasi lain pada larutan logam yang akan diadsorpsi selain pada variasi waktu dan konsentrasi.
- b. Perlu dilakukan variasi tiap konsentrasi dan variasi tiap waktu kontak agar konsentrasi dan waktu setimbang yang diperoleh lebih akurat.
- c. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pemanfaatan karbon aktif dari batang pisang selain sebagai adsorben limbah logam berat.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, Nurul. 2005. "Pembuatan Arang Aktif dari Serbuk Gergaji Kayu Sengon dan Penerapannya Untuk Menyerap Zat Warna Tekstil". Tugas Akhir. Semarang: UNNES.
- Adamson, A.W. 1990. *Physical Chemistry of Surface*, Fifth Editions. New York: John Willey and Sons
- Amri, A, Supranto, dan Fakhrurozi, M. 2004. Keseimbangan adsorpsi Optional Campuran Biner Cd(II) dan Cr(III) dengan zeolit alam terimpregnasi 2-merkaptobenzotiazol. *Jurnal Natur Indonesia* 6 (2) : 111-117 (2004). ISSN 1410-9379.
- Andrew, j., dan Rispoli, P. 1994. *Chemistry in focus*. London : Hoddeer and Stoughton.
- Anonymous. 1979. Mutu dan Cara Uji Arang Aktif Standar Industri Indonesia No. 0258-79. Departemen Perindustrian.
- Astawan, Made. 2008. *Bahaya Logam Berat dalam Makanan* dalam <http://www.bmf.litbang.depkes.go.id> diunduh 5 Desember 2009
- Atkins, P. W. 1997. *Kimia Fisika* (Alih bahasa: Dra. Irma I. K). Jakarta : Erlangga.
- Austin, George T. 1996. *Industri Proses Kimia*. Jakarta : Erlangga.
- Azizah, Nur. 2009. "Penurunan Kadar Insektisida Deltametrin Menggunakan adsorben Karbon Aktif dari Limbah Penggergajian Kayu Jati". Tugas Akhir. Semarang: UNNES.
- Bird, Tony. 1987. *Kimia Fisika Untuk Universitas*. Jakarta: Gramedia pustaka utama.
- Byrne, J. F., and Mars, H. 1995. *Intoductory Overview: Porosity in Carbon*. London: Edward Arnold.
- Castellan, G. W. 1983. *Physical Chemistry*. London: Addison Publisishing Company.
- Fessenden, Ralp J dan Fessenden, Joan S. 1989. *Kimia Organik Jilid 2*. Jakarta : Erlangga

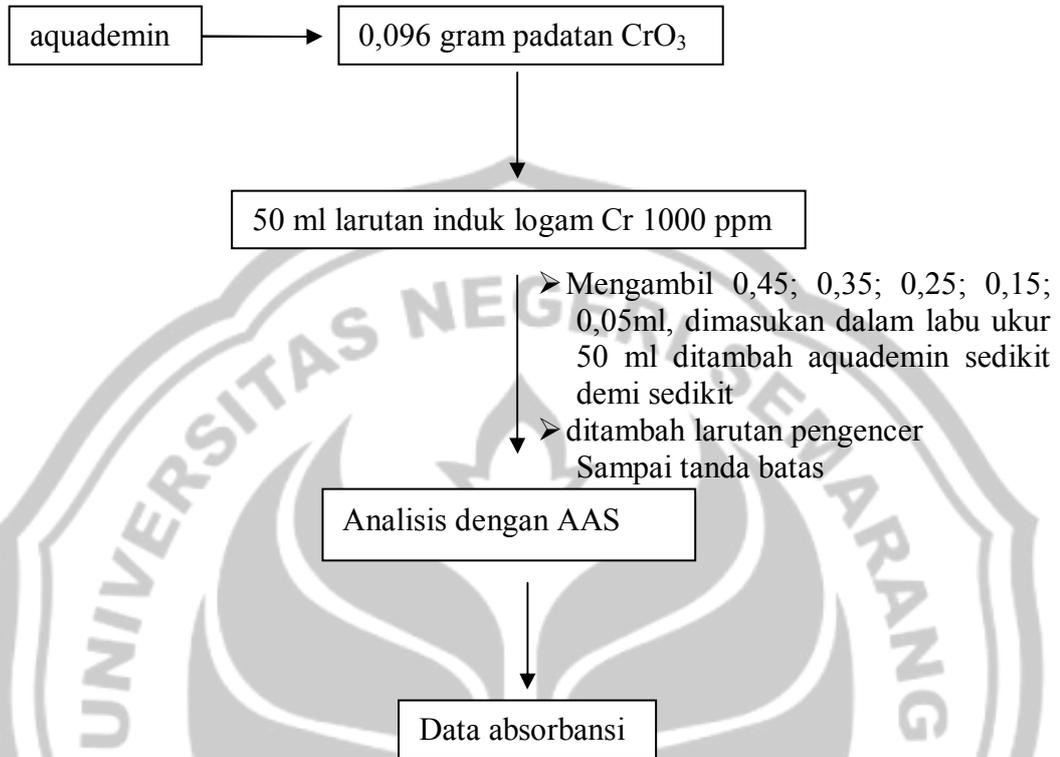
- Guo, J. Dan Lua, A.C., 2000, “*Preparation and Characterization of Adsorbents from Oil Palm Fruit Solid Waste*”, Journal of Palm Reserch **Vol. 12** No. 1, June 2000, p.64-70, Malaysian Palm Oil Board.
- Hartomo, Anton J dan Tomijiro, Kaneko. 1992. *Mengenal Pelapisan Logam*. Yogyakarta: Andi Offcet.
- Husni H., and Cut Meurah R, 2004, “*Preparation and Characterization of Activatid Carbon from Banana Stem by Using Nitrogen Gas*”, Journal Reserch Teknik Kimia, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Imtihanah, 2005, “Pemanfaatan Kitin Terdeasetilasi dari cangkang Udang Windu sebagai Pengadsorpsi Ion Logam Zn dalam Limbah Industri Galvanis”, Tugas Akhir Jurusan Kimia, Semarang : UNNES.
- Juliandini, Fitrianita dan Trihadiningrum, Yullinah. 2008. Uji kemampuan Karbon Aktif dari Limbah Kayu dalam Sampah Kota untuk Penyisihan Fenol. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi VII Program Studi MMT-ITS. Surabaya Februari 2008. ISBN: 978-979-99735-4-2.
- Kaminsky, et all. (2000). “*Pyrolisis – what is pirolisis*”. Fachbereic Chemie. Universitas Hamburg. <http://www.chemie.uni-hamburg.ie/tmc/kaminsky/pyro/index.html/>.
- Los Alamos National Laboratory. 2003. *Chromium Periodic Table of the Elements*. University of California : <http://pearl.lanl.gov/periodic/elements/24.html>.
- Masduqi, A. (2003). Penurunan Senyawa Fosfat dalam Pb asetat dengan Proses Adsorpsi Menggunakan Tanah Haloisit. Majalah IPTEK, Februari 2004, Vol. 15, No.1.
- Metcalf and Eddy. 2003. *Wastewater engineering Treatment and Reuse*. Mcgraw-Hill. Singapura.
- Oscik, J. 1982. *Adsorption*. England: Ellos Horwood.
- Palar, Heryando. 2004. *Pencemaran dan Toksisitas Logam Berat*. Jakarta: PT: Rineka Cipta.
- Priatmoko, Sigit dan Cahyono, Edi. 1995. *Struktur dan Pembuatan Arang Aktif*. Semarang: Media Pendidikan MIPA edisi No. 3 IKIP Semarang.

- Priilianti, Ratna. 2003. "Pengaruh Jenis Aktivator, Rasio Aktivator dari Tempurung Kelapa Serta Waktu alir Gas CO<sub>2</sub> Terhadap Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Tempurung Kelapa". Tugas Akhir. Semarang: UNNES.
- Rahmawati, Fitria., Pranoto, N dan Ita Aryunani. Adsorpsi Zat Warna Tekstil *Remazol Yellow FG* pada Limbah Batik oleh Enceng Gondok dengan Aktivator NaOH. *Alchemy*, Vol. 2, No. 2, September 2003: 10-18.
- Slamet, A. dan Masduqi, A. (2000). Satuan Proses. DUE-Like Project ITS. Surabaya.
- Sembiring, Meilita Triana & Sinaga. 2003. *Arang Aktif (Pengenalan dan Proes Pembuatannya)*. Universtas Sumatra Utara.
- Sri Prihatiningsih. 2000. Pemisahan khrom dari pengendapan limbah khrom dengan cara oksidasi. Makalah penelitian. Semarang : Kimia FMIPA UNNES.
- Surdia, N. M. (terjemahan). 1983. *Kimia Fisika Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Sudarmadji, Slamet, Bambang Haryono, Suhardi. 1994. *Posedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty.
- Vogel. 1985. *Buku Teks Analisis Anorganik Makro dan Semimikro, Edisi Kelima*. Jakarta: PT. Kalman Media Pustaka.

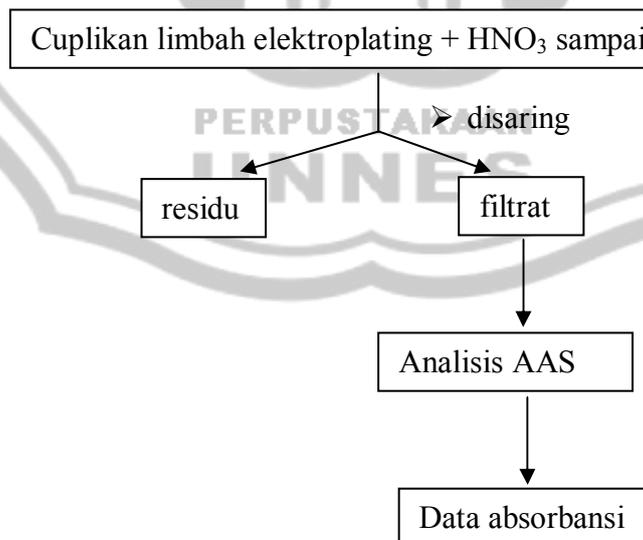
## LAMPIRAN 1

### Skema Cara Kerja

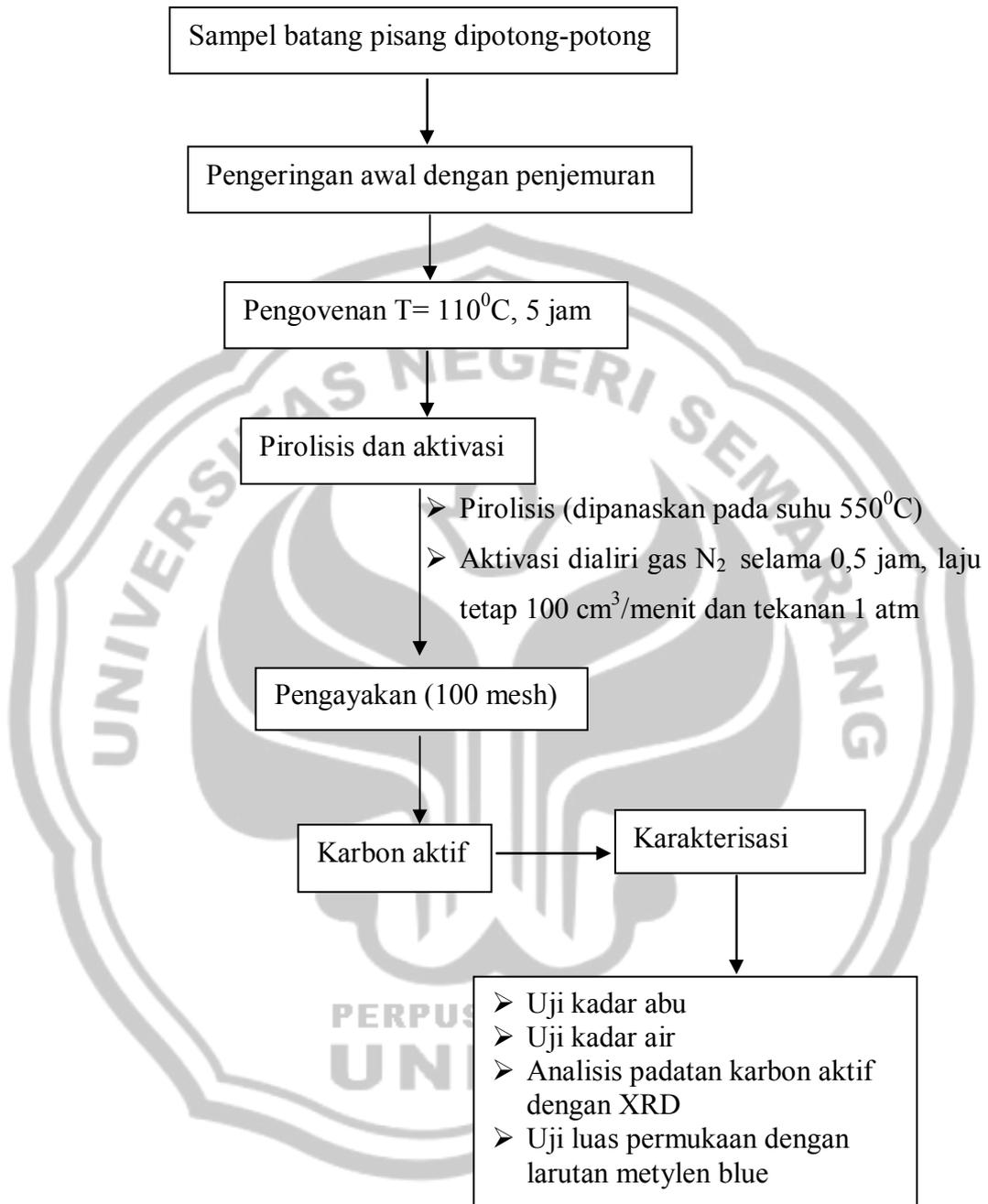
#### A. Pembuatan larutan kalibrasi

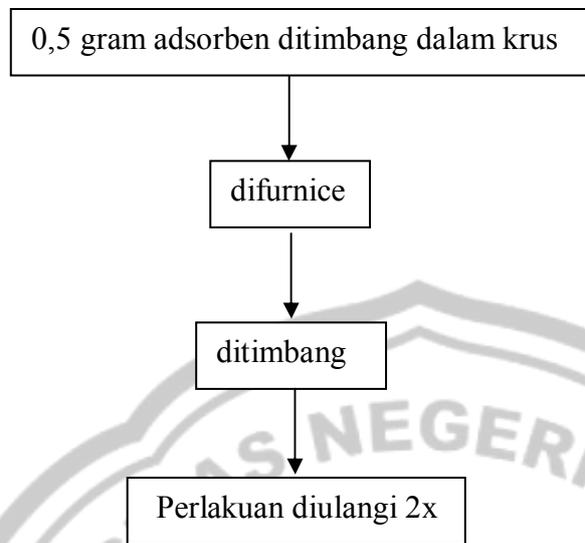
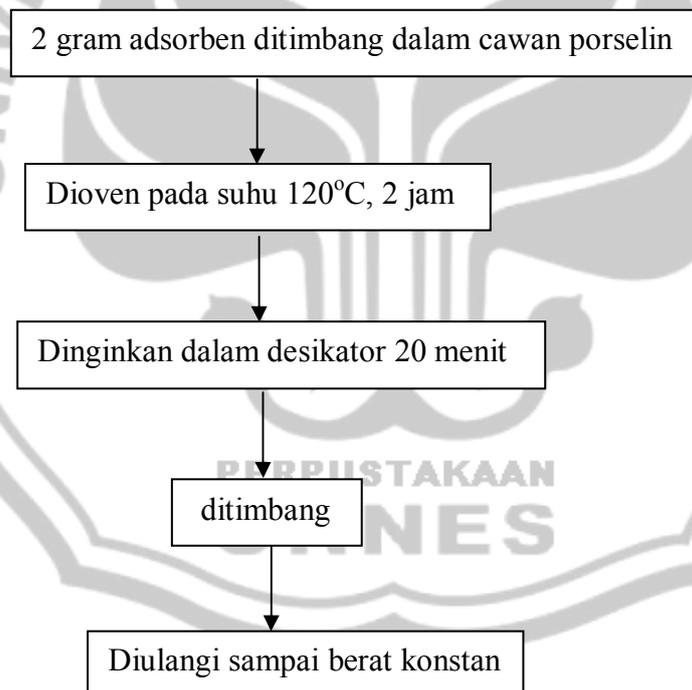


#### B. Karakterisasi limbah awal elektroplating



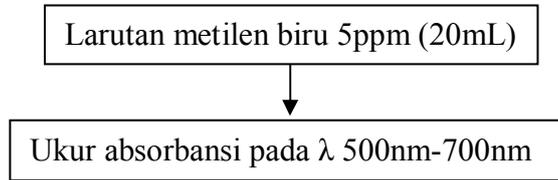
### C. Pembuatan karbon aktif batang pisang



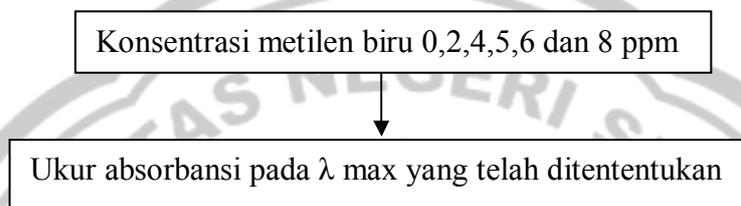
**C.1 Uji kadar abu****C.2 Uji kadar air**

### C.3 Uji luas permukaan dengan larutan metilen biru

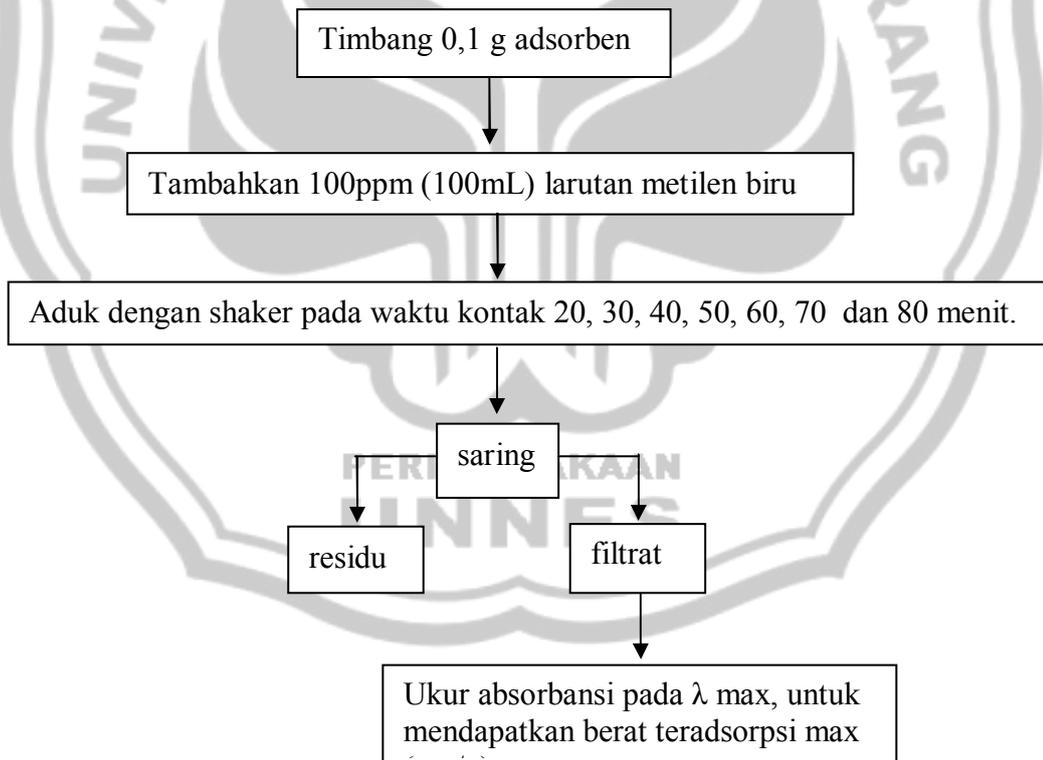
#### a. Skema penentuan $\lambda$ max metilen biru



#### b. Skema pembuatan kurva standar metilen biru



#### c. Penentuan luas permukaan dengan metilen biru



**D. Penentuan konsentrasi optimum untuk studi isoterm adsorpsi**

0,1 gram arang aktif batang pisang

- + 50 mL larutan Cr(VI) 10, 20, 30, 50, 70, 80, 100 dan 110 ppm.
- Digojog dengan *shaker* selama 60 menit
- Didiamkan
- Campuran disaring

Filtrat analisis dengan AAS

Konsentrasi akhir

**E. Penentuan waktu kontak optimum untuk studi kinetika adsorpsi**

0,1 gram karbon aktif

50 ml larutan logam Cr(VI)  
konsentrasi optimum

Campuran (erlenmeyer)

Digojog dengan *shaker* dengan variasi waktu 20, 40, 60, 80, 100, 120 dan 140 menit

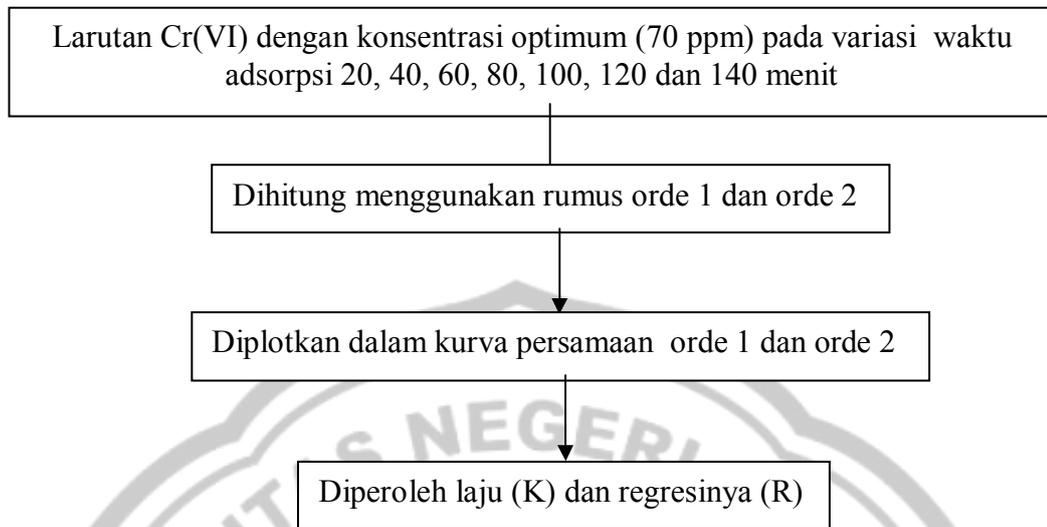
Disaring

Filtrat

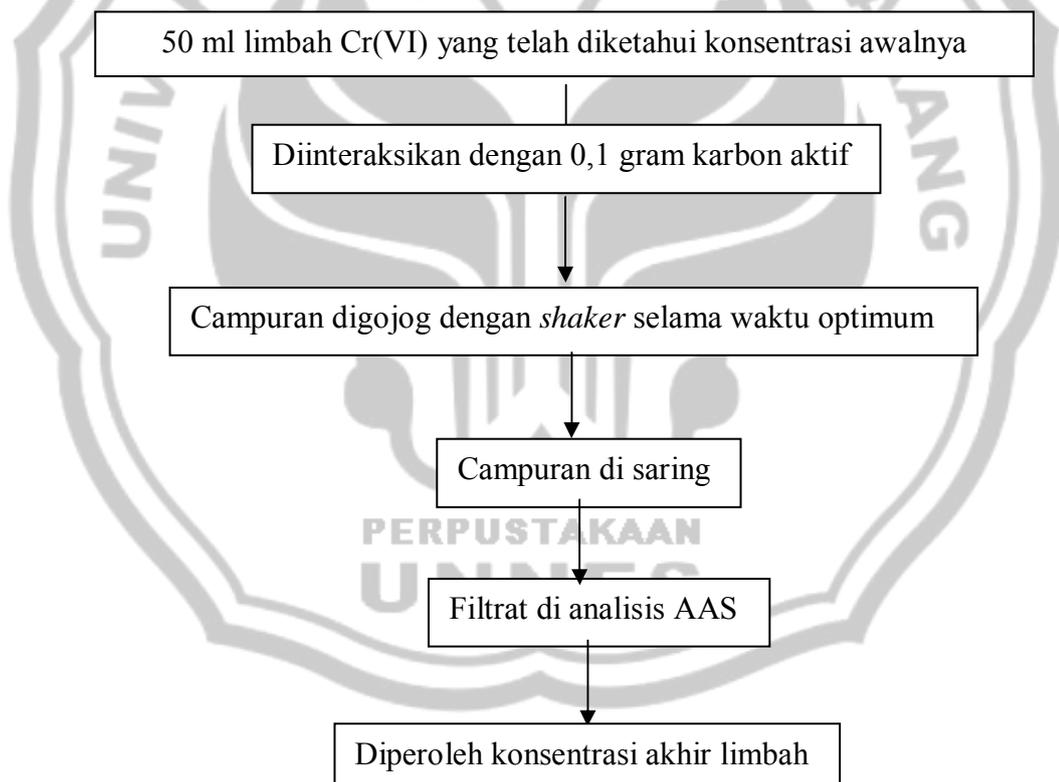
- Analisis dengan AAS

Konsentrasi akhir

### F. Penentuan orde reaksi



### G. Aplikasi adsorben terhadap limbah industri pelapisan logam



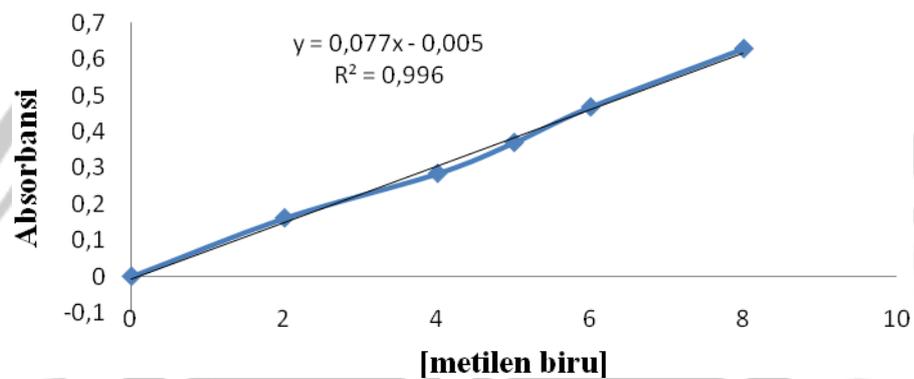
## LAMPIRAN 2

## Data Pengamatan

## 1. Karakteristik Karbon Aktif Batang Pisang

Jenis Uji	Batang pisang	SII No.0258-79
Kadar Abu	6,75 %	Minimum 2,5%
Kadar Air	7,8 %	Maksimum 10%
Luas permukaan	341,981 m <sup>2</sup> /g	300-3500 m <sup>2</sup> /g

## kurva kalibrasi



Tabel variasi waktu untuk luas permukaan

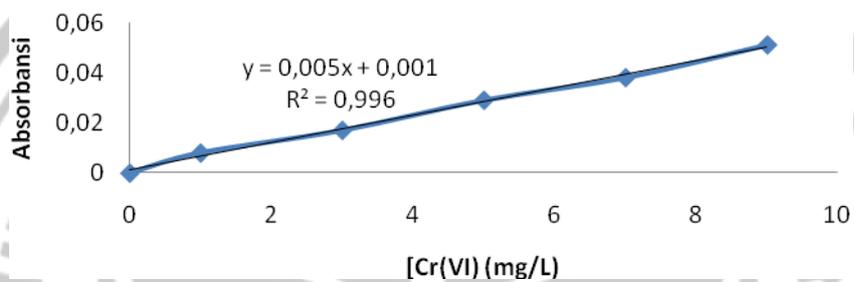
Absorbansi	Waktu (menit)	[metilen biru] teradsorpsi (mg/L)	[metilen biru] teradsorpsi (mg/g)	Luas permukaan (m <sup>2</sup> /g)
1,726	20	77,6494	77,6494	287,42004
1,515	30	80,3896	80,3896	297,56296
0,983	40	87,2987	87,2987	323,13702
0,624	50	91,961	91,961	340,3947
<b>0,591</b>	<b>60</b>	<b>92,3896</b>	<b>92,3896</b>	<b>341,9810</b>
0,603	70	92,2337	92,2337	341,40422
0,657	80	91,5325	91,5325	338,80835

## 2. Karakterisasi limbah Cr(VI) awal dengan AAS

Kurva kalibrasi

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0
1	0,008
3	0,017
5	0,029
7	0,038
9	0,051

kurva kalibrasi



$$Y = 0,005X + 0,001$$

$$0,052 = 0,005X + 0,001$$

$$0,005X = 0,001 + 0,052$$

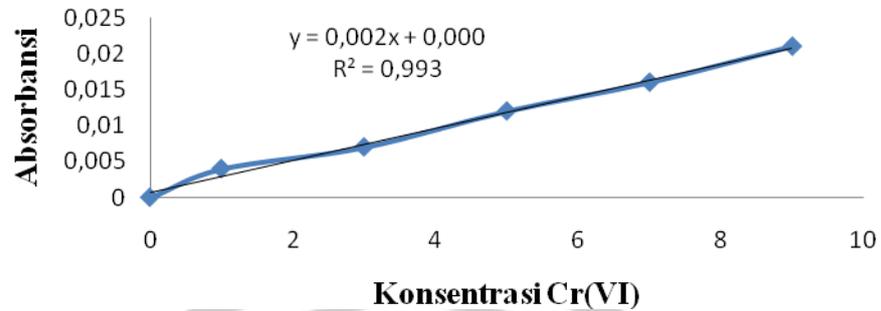
$$X = 10,6 \text{ mg/L (konsentrasi limbah awal)}$$

## 3. Optimasi Konsentrasi Cr (VI)

Kurva kalibrasi

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0
1	0,004
3	0,007
5	0,012
7	0,016
9	0,021

### Kurva Kalibrasi

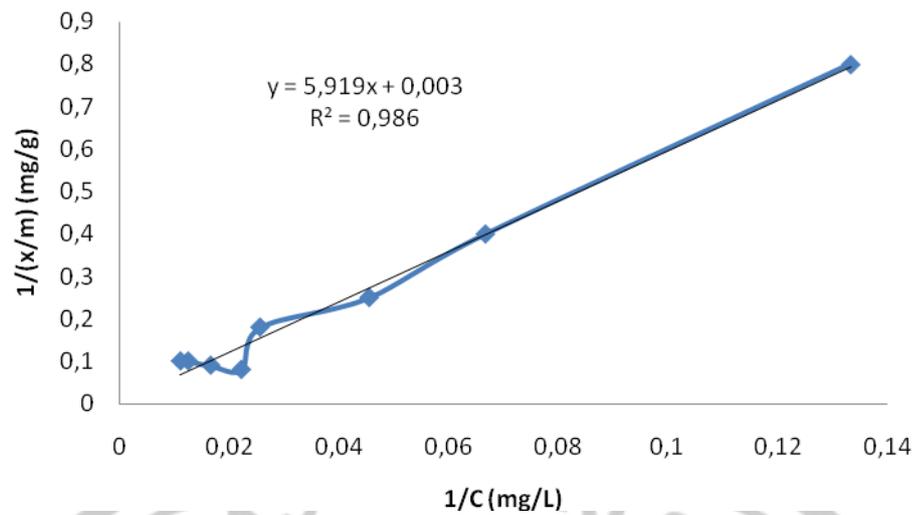


Konsentrasi awal (mg/L)	absorbansi	Konsentrasi akhir (mg/L)	Konsentrasi teradsorpsi (mg/L)	Banyaknya zat teradsorpsi (mg/g)	% teradsorpsi
10	0,015	7,5	2,5	1,25	25
20	0,003	15	5	2,5	25
30	0,0044	22	8	4	26,667
50	0,0076	39	11	5,5	22
<b>70</b>	<b>0,009</b>	<b>45</b>	<b>25</b>	<b>12,5</b>	<b>35,714</b>
80	0,0115	57,5	22,5	11,25	28,125
100	0,016	80	20	10	25
110	0,018	90	20	10	22,222

Ket: faktor pengenceran 10 x

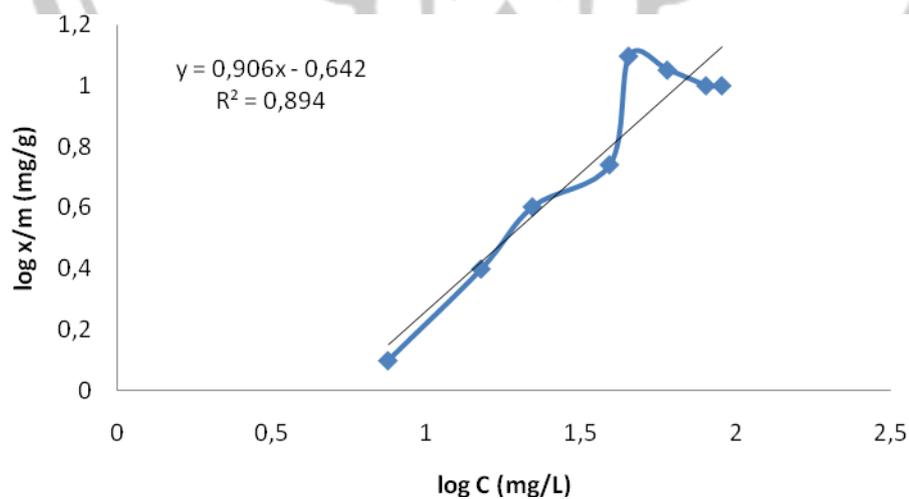
#### 4. Parameter Adsorpsi Isoterm Langmuir

Adsorben	1/C (mg/L)	1/(x/m)	R <sup>2</sup>	qm (mg/g)	b
Arang aktif batang pisang	0,1333	0,8	0,986	33,333	0,005
	0,0667	0,4			
	0,0455	0,25			
	0,0255	0,18			
	0,0222	0,08			
	0,0166	0,09			
	0,0125	0,1			
	0,0111	0,1			



### 5. Parameter Adsorpsi Isoterm Freundlich

Adsorben	Log C	Log(x/m)	$R^2$	Log K	1/n
Arang aktif batang pisang	0,875	0,0969	0,894	-0,642	1,1038
	1,176	0,3979			
	1,342	0,6021			
	1,591	0,7404			
	1,653	1,0969			
	1,778	1,0512			
	1,903	1			
	1,954	1			

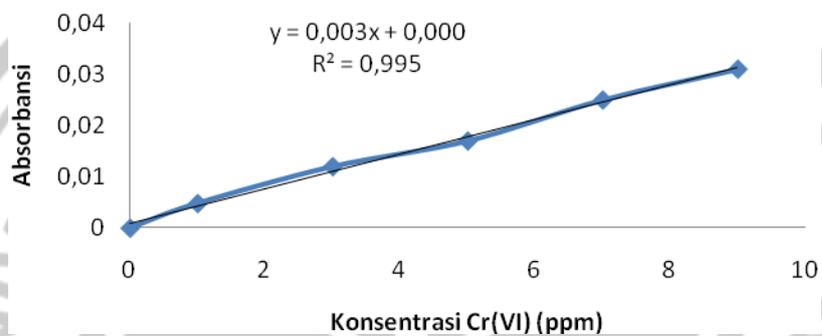


## 6. Optimasi Waktu kontak

Kurva kalibrasi

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0
1	0,0048
3	0,012
5	0,017
7	0,025
9	0,031

### Kurva Kalibrasi



Waktu kontak (menit)	Absorbansi	Konsentrasi awal (mg/L)	Konsentrasi akhir (mg/L)	Konsentrasi teradsorpsi (mg/L)
20	0,018	70	60	10
40	0,015	70	50	20
60	0,011	70	36,7	33,3
80	0,0087	70	29	41
<b>100</b>	0,0072	70	24	46
<b>120</b>	0,0075	70	25	45
<b>140</b>	0,0077	70	25,3	44,7

### Parameter kinetika adsorpsi untuk orde 1

Waktu (menit)	Konsentrasi awal $[A]_0$ (ppm)	Konsentrasi akhir $[A]$ (ppm)	$\ln [A]$	Konstanta laju ( $k_1$ )	$R^2$
20	70	60	4,094	0,011	0,993
40		50	3,912		
60		36,7	3,603		
80		29	3,367		
100		24	3,178		

### Parameter Kinetika Adsorpsi Untuk Orde 2

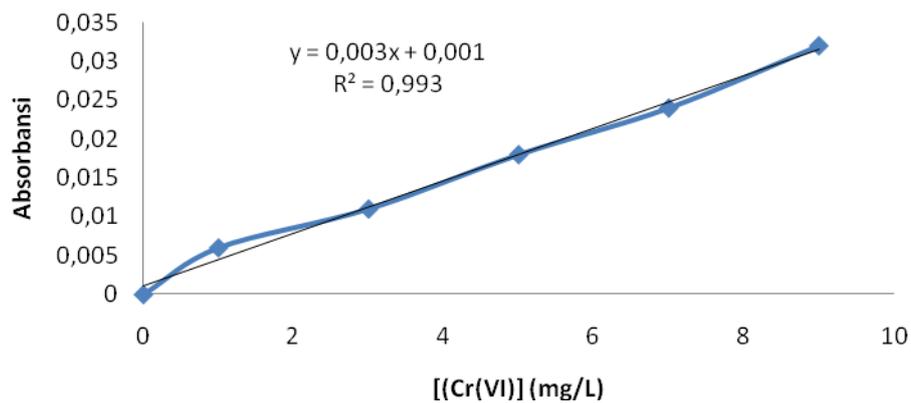
Waktu	Konsentrasi awal $[A]_0$ (ppm)	Konsentrasi akhir $[A]$ (ppm)	$\frac{1}{[A]}$	Konstanta laju $k_2$	$R^2$
20	70	60	0,017	0,000	0,979
40		50	0,02		
60		36,7	0,027		
80		29	0,034		
100		24	0,042		

### 7. Aplikasi adsorpsi karbon aktif pada limbah logam Cr(VI)

Kurva kalibrasi

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0
1	0,0048
3	0,012
5	0,017
7	0,025
9	0,031

kurva kalibrasi



## LAMPIRAN 3

## Perhitungan Pembuatan Larutan

Menghitung gram  $\text{CrO}_3$  yang digunakan

$$\frac{Ar \text{ Cr}}{Mr \text{ CrO}_3} \times \frac{mg}{L} = 1000 \text{ ppm}$$

$$\frac{52}{100} \times \frac{mg}{0,05} = 100 \text{ ppm}$$

$$mg = 96,153 \text{ m}$$

$$g = 0,096 \text{ gram}$$

## 1. Pembuatan larutan untuk kurva kalibrasi larutan logam Cr(VI)

a.  $N_1 V_1 = N_2 V_2$   
 $1000 \text{ ppm } V_1 = 9 \text{ ppm } .50 \text{ ml}$   
 $V_1 = 0,45 \text{ ml}$

b.  $N_1 V_1 = N_2 V_2$   
 $1000 \text{ ppm } V_1 = 7 \text{ ppm } .50 \text{ ml}$   
 $V_1 = 0,35 \text{ ml}$

c.  $N_1 V_1 = N_2 V_2$   
 $1000 \text{ ppm } V_1 = 5 \text{ ppm } .50 \text{ ml}$   
 $V_1 = 0,25 \text{ ml}$

d.  $N_1 V_1 = N_2 V_2$   
 $1000 \text{ ppm } V_1 = 3 \text{ ppm } .50 \text{ ml}$   
 $V_1 = 0,15 \text{ ml}$

e.  $N_1 V_1 = N_2 V_2$   
 $1000 \text{ ppm } V_1 = 1 \text{ ppm } .50 \text{ ml}$   
 $V_1 = 0,05 \text{ ml}$

## 2. Pembuatan larutan untuk optimasi konsentrasi adsorpsi

a.  $N_1 V_1 = N_2 V_2$   
 $1000 \text{ ppm } V_1 = 110 \text{ ppm } .50 \text{ ml}$   
 $V_1 = 5,5 \text{ ml}$

b.  $N_1 V_1 = N_2 V_2$   
 $1000 \text{ ppm } V_1 = 100 \text{ ppm } .50 \text{ ml}$   
 $V_1 = 5 \text{ ml}$

c.  $N_1 V_1 = N_2 V_2$   
 $1000 \text{ ppm } V_1 = 80 \text{ ppm } .50 \text{ ml}$   
 $V_1 = 4 \text{ ml}$

d.  $N_1V_1 = N_2V_2$   
 $1000 \text{ ppm } V_1 = 70 \text{ ppm} \cdot 50 \text{ ml}$   
 $V_1 = 3,5 \text{ ml}$

e.  $N_1V_1 = N_2V_2$   
 $1000 \text{ ppm } V_1 = 50 \text{ ppm} \cdot 50 \text{ ml}$   
 $V_1 = 2,5 \text{ ml}$

f.  $N_1V_1 = N_2V_2$   
 $1000 \text{ ppm } V_1 = 30 \text{ ppm} \cdot 50 \text{ ml}$   
 $V_1 = 1,5 \text{ ml}$

g.  $N_1V_1 = N_2V_2$   
 $1000 \text{ ppm } V_1 = 20 \text{ ppm} \cdot 50 \text{ ml}$   
 $V_1 = 1 \text{ ml}$

h.  $N_1V_1 = N_2V_2$   
 $1000 \text{ ppm } V_1 = 10 \text{ ppm} \cdot 50 \text{ ml}$   
 $V_1 = 0,5 \text{ ml}$

**3. Pembuatan larutan untuk optimasi waktu adsorpsi**

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

$$1000 \text{ ppm } V_1 = 70 \text{ ppm} \cdot 500 \text{ ml}$$

$$V_1 = 35 \text{ ml}$$

**4. Pembuatan larutan kalibrasi metilen biru**

a.  $N_1V_1 = N_2V_2$   
 $100 \text{ ppm } V_1 = 8 \text{ ppm} \cdot 20 \text{ ml}$   
 $V_1 = 1,6 \text{ ml}$

b.  $N_1V_1 = N_2V_2$   
 $100 \text{ ppm } V_1 = 6 \text{ ppm} \cdot 20 \text{ ml}$   
 $V_1 = 1,2 \text{ ml}$

c.  $N_1V_1 = N_2V_2$   
 $100 \text{ ppm } V_1 = 5 \text{ ppm} \cdot 20 \text{ ml}$   
 $V_1 = 1 \text{ ml}$

d.  $N_1V_1 = N_2V_2$   
 $100 \text{ ppm } V_1 = 4 \text{ ppm} \cdot 20 \text{ ml}$   
 $V_1 = 0,8 \text{ ml}$

e.  $N_1V_1 = N_2V_2$   
 $100 \text{ ppm } V_1 = 2 \text{ ppm} \cdot 20 \text{ ml}$   
 $V_1 = 0,4 \text{ ml}$

## LAMPIRAN 4

## Perhitungan Analisis Data

## 1. Menghitung kadar air

$$\% \text{ kadar air} = \frac{a - b}{c} \times 100\%$$

Keterangan:

a: berat cawan + sampel awal (gram)

b: berat cawan + sampel setelah kering (gram)

c: berat sampel awal (gram)

$$\begin{aligned} \% \text{ kadar air} &= \frac{59,5005 - 59,3445}{2,0016} \times 100\% \\ &= 7,8\% \end{aligned}$$

## 2. Menghitung kadar abu

$$\begin{aligned} \% \text{ kadar abu} &= \frac{a - b}{c} \times 100\% \\ \% \text{ kadar abu} &= \frac{18,13 - 18,096}{0,5040} \times 100\% \\ &= 6,75\% \end{aligned}$$

## 3. Contoh menghitung luas permukaan

$$\begin{aligned} S &= \frac{Xm \cdot N \cdot a}{Mr} \\ S &= \frac{77,6494 \frac{\text{mg}}{\text{g}} \cdot 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \cdot 1,97 \times 10^{-20} \text{ m}^2}{320,5 \text{ g/mol}} \\ &= 287,42004 \text{ m}^2/\text{g} \end{aligned}$$

## 4. Contoh menghitung banyaknya zat teradsorpsi (mg/L)

$$\begin{aligned} [\text{Cr(VI)}]_{\text{teradsorpsi}} &= [\text{Cr(VI)}]_{\text{awal}} - [\text{Cr(VI)}]_{\text{akhir}} \\ &= 10 - 7,5 \\ &= 2,5 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

### 5. Contoh menghitung banyaknya zat teradsorpsi (mg/g)

$$\begin{aligned} \frac{x}{m} &= \frac{[\text{Cr(VI)}]_{\text{teradsorpsi}} \text{ (mg/L)}}{\text{massa adsorben (g)}} \times \text{vol. larutan} \\ &= \frac{2,5 \text{ mg/L}}{0,1 \text{ g}} \times 0,05 \text{ L} \\ &= 1,25 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

### 6. Menghitung kapasitas adsorpsi maksimum

Kapasitas adsorpsi dihitung dari persamaan regresi isoterm Langmuir

$$Y = 5,919X + 0,003$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{(x/m)} &= \frac{1}{q_m \cdot b} \cdot \frac{1}{C} + \frac{1}{q_m} \\ \frac{1}{q_m} &= 0,003 & \frac{1}{q_m \cdot b} &= 5,919 \\ q_m &= 33,333 \text{ mg/g} & \frac{1}{33,333 \cdot b} &= 5,919 \\ & & b &= 0,005 \end{aligned}$$

### 7. Menghitung banyaknya limbah yang teradsorpsi

$$Y = 0,003X + 0,001$$

$$0,0197 = 0,003X + 0,001$$

$$0,003X = 0,001 + 0,018$$

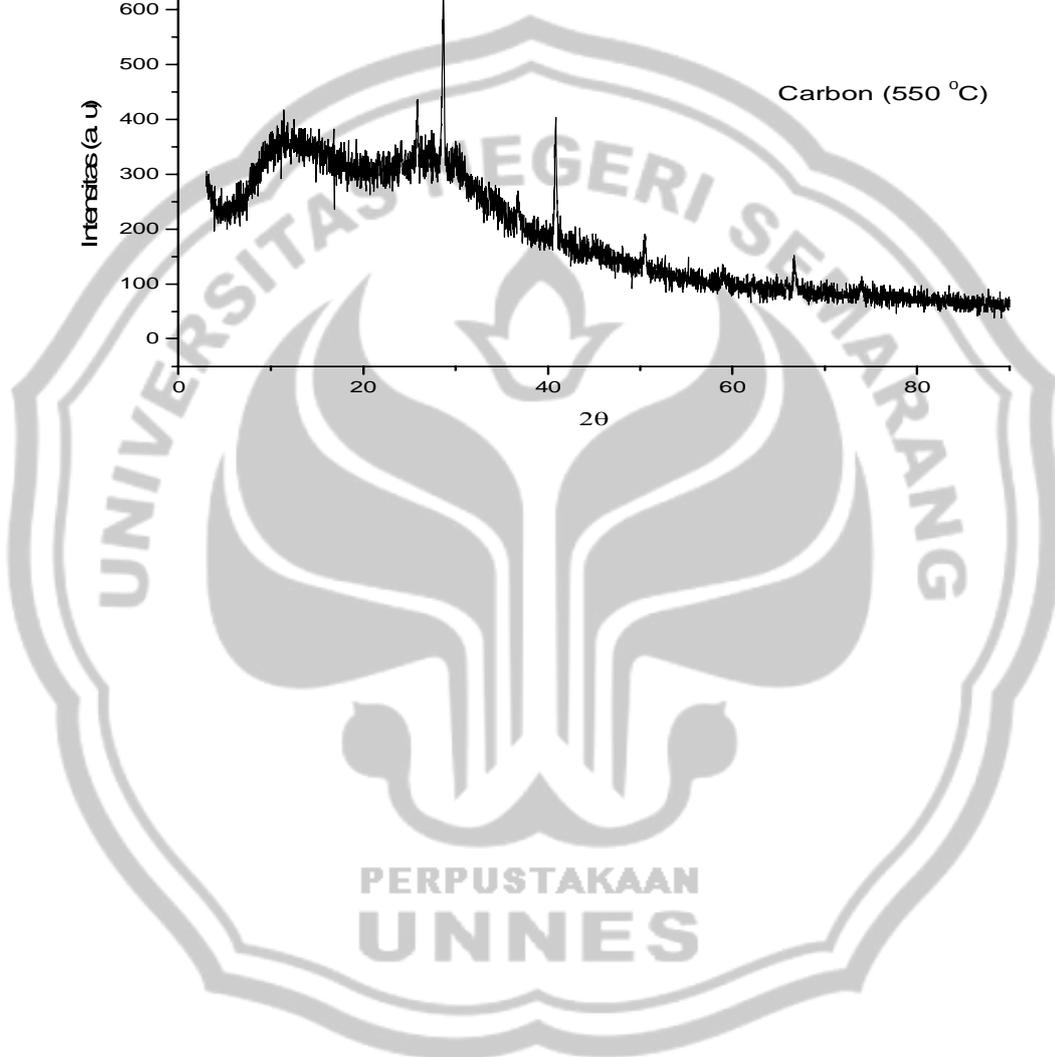
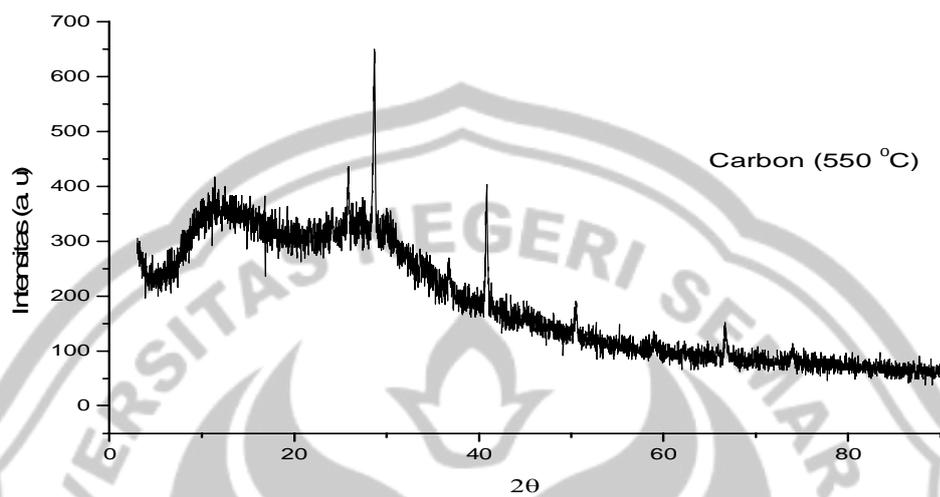
$$X = 6,9 \text{ mg/L (konsentrasi limbah setelah adsorpsi)}$$

$$\begin{aligned} [\text{limbah Cr(VI)}]_{\text{teradsorpsi}} &= [\text{limbah}]_{\text{awal}} - [\text{limbah}]_{\text{akhir}} \\ &= 10,6 - 6,9 \\ &= 3,7 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ limbah teradsorpsi} &= \frac{[\text{limbah}]_{\text{teradsorpsi}}}{[\text{limbah}]_{\text{awal}}} \times 100\% \\ &= \frac{3,7}{10,6} \times 100\% \\ &= 34,905 \% \end{aligned}$$

## LAMPIRAN 5

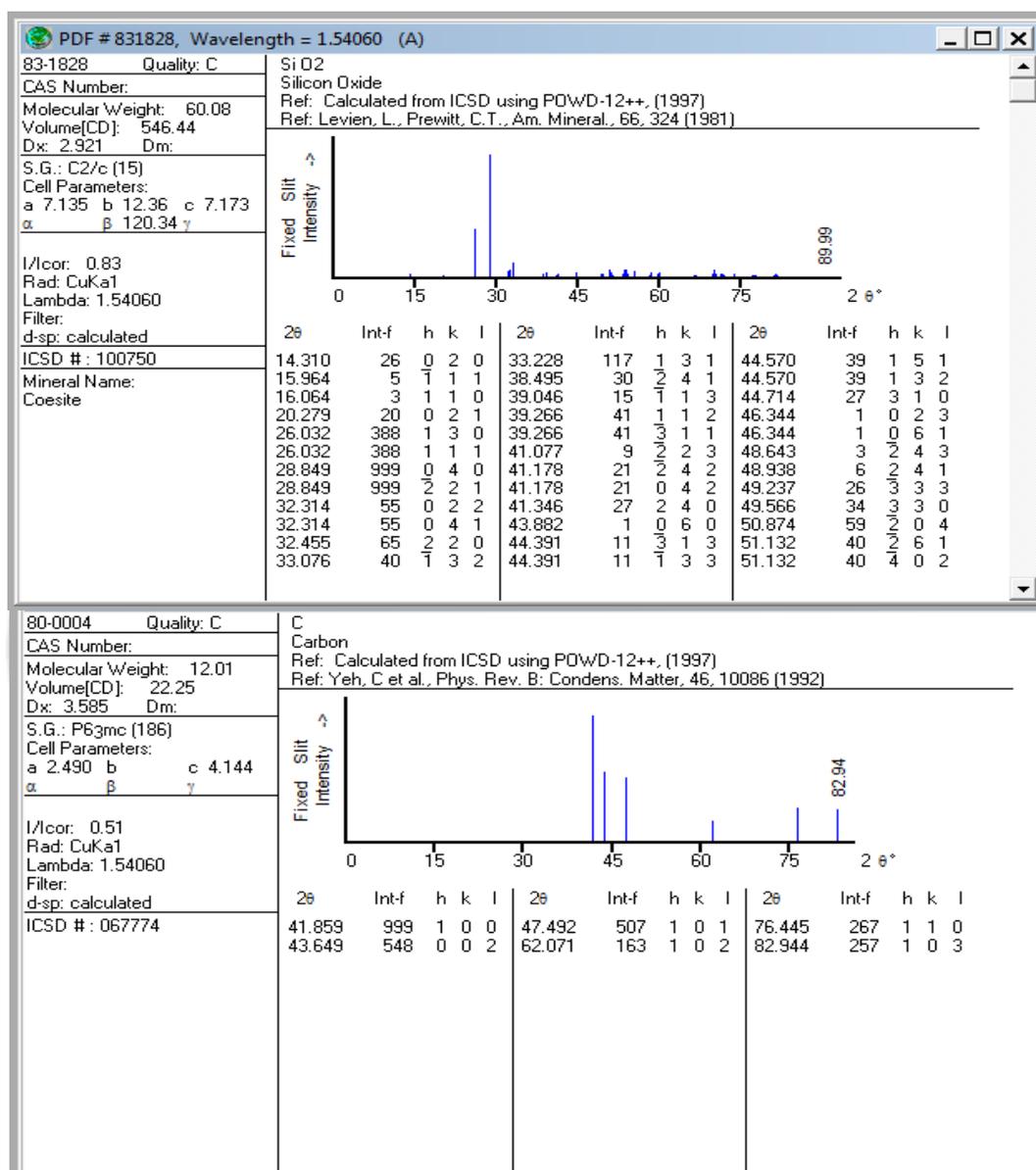
## Pola Difraksi Hasil XRD



## LAMPIRAN 6

## Tabel

## JCPDF



## LAMPIRAN 7

## Foto Penelitian



Alat reaktor pirolisis



Interaksi adsorben kedalam adsorbat



Larutan metilen biru



Larutan kalibrasi Cr(VI)



Digojog dalam shaker



Diukur adsorbansinya dengan AAS