

**STUDI KEMAMPUAN ADSORPSI BIOMASSA KULIT SINGKONG  
(*Manihot esculenta Crantz*) TERHADAP ION LOGAM  
Pb(II), Cd(II), DAN Cu(II)**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Septian Eri Sadewo**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2010**

## ABSTRAK

### STUDI KEMAMPUAN ADSORPSI BIOMASSA KULIT SINGKONG (*Manihot esculenta Crantz*) TERHADAP ION LOGAM Pb(II), Cd(II), DAN Cu(II)

Oleh

**SEPTIAN ERI SADEWO**

Kulit singkong (*Manihot esculenta Crantz*) tergolong dalam sampah organik karena sampah ini dapat terdegradasi (membusuk/hancur) secara alami. Kulit singkong terbentuk dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Umbi singkong termasuk kulitnya sebagian besar terdiri dari selulosa nonreduktif yang banyak mengandung gugus fungsi hidroksil, karbonil, dan sedikit sianida yang dapat dimanfaatkan untuk mengadsorpsi ion-ion logam. Pada penelitian ini telah dilakukan pengujian adsorpsi biomassa kulit singkong (*Manihot esculenta Crantz*) sebelum dan setelah diaktivasi dengan  $\text{HNO}_3$  0,3 M terhadap ion logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II). Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa waktu optimum untuk mencapai adsorpsi maksimum ion logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II) oleh biomassa tanpa aktivasi berturut-turut adalah 30 menit, 120 menit, dan 30 menit. Dan untuk biomassa teraktivasi berturut-turut adalah 60 menit, 60 menit, dan 10 menit. Kapasitas adsorpsi maksimum biomassa tanpa aktivasi terhadap ion logam adalah sebesar  $15,22 \text{ mg.g}^{-1}$  adsorben untuk Pb(II),  $9,44 \text{ mg.g}^{-1}$  untuk Cd(II), dan  $6,75 \text{ mg.g}^{-1}$  untuk Cu(II). Sedangkan energi adsorpsi masing-masing ion logam adalah  $27,08 \text{ kJ.mol}^{-1}$  untuk Pb(II),  $23,52 \text{ kJ.mol}^{-1}$  untuk Cd(II), dan  $23,53 \text{ kJ.mol}^{-1}$  Cu(II). Dan kapasitas adsorpsi maksimum biomassa teraktivasi terhadap ion logam adalah sebesar  $12,95 \text{ mg.g}^{-1}$  adsorben untuk Pb(II),  $10,90 \text{ mg.g}^{-1}$  untuk Cd(II), dan  $5,04 \text{ mg.g}^{-1}$  untuk Cu(II). Sedangkan energi adsorpsi masing-masing ion logam adalah  $26,28 \text{ kJ.mol}^{-1}$  untuk Pb(II),  $22,39 \text{ kJ.mol}^{-1}$  untuk Cd(II), dan  $26,64 \text{ kJ.mol}^{-1}$  Cu(II). Dari besarnya energi adsorpsi ini, diketahui bahwa interaksi yang terjadi antara biomassa dengan ion logam merupakan interaksi kimia. Secara umum kapasitas dan energi adsorpsi  $\text{Pb(II)} \sim \text{Cu(II)} > \text{Cd(II)}$ .

**STUDI KEMAMPUAN ADSORPSI BIOMASSA KULIT SINGKONG  
(*Manihot esculenta Crantz*) TERHADAP ION LOGAM  
Pb(II), Cd(II), DAN Cu(II)**

Oleh

*Septian Eri Sadewo*

**Skripsi  
Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar  
SARJANA SAINS  
pada  
Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2010**

Judul Skripsi : **STUDI KEMAMPUAN ADSORPSI  
BIOMASSA KULIT SINGKONG (*Manihot  
esculenta Crantz*) TERHADAP ION LOGAM  
Pb(II), Cd(II), DAN Cu(II).**

Nama Mahasiswa : Septian Eri Sadewo

No. Pokok Mahasiswa : 0317011073

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

**Prof. Suharso, Ph.D**  
NIP.196905301995121001

**Dra. Ilim, M.S**  
NIP.196505251990032002

2. Ketua Jurusan

**Andi Setiawan, Ph.D**  
NIP. 195809221988111001

**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

Ketua : **Prof. Suharso, Ph.D.** .....

Sekretaris : **Dra. Ilim, M.S.** .....

Penguji  
Bukan Pembimbing : **Andi Setiawan, Ph.D.** .....

2. Dekan Fakultas MIPA

**Dr. Sutyarso, M.S.**  
NIP. 195704241987031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 16 Juli 2010

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Dayamurni pada tanggal 10 September 1985, sebagai anak kedua dari empat bersaudara dari Bapak Mustakim dan Ibu Rosmiyati. Pendidikan Sekolah Dasar Negeri 1 Tumijajar diselesaikan pada tahun 1997, Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama (SLTP) Negeri 1 Tumijajar pada tahun 2000, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Tumijajar pada tahun 2003. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Kimia S1 Universitas Lampung melalui Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru (SPMB) pada tahun 2003.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di beberapa organisasi yaitu sebagai Ketua Bidang Sosial Masyarakat Rohani Islam FMIPA, Ketua Bidang Sosial Politik Badan Eksekutif Mahasiswa FMIPA, Anggota Bidang Sosial Masyarakat Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) FMIPA, dan Tutor Bimbingan Belajar Quran (BBQ) FMIPA. Dan penulis juga pernah menjadi Asisten Kimia Dasar 1 untuk Fakultas MIPA, dan Asisten Kimia Anorganik.

MOTTO HIDUP :

**Lebih Baik Tangan di Atas**  
*Dari pada*  
**Tangan di bawah**

**Seorang Pemenang Sejati**  
Berani memulai dan berjuang sampai akhir  
dengan kemenangan

**Seorang Pemenang Sejati**  
*Mengerti*  
Kapan harus memulai dan kapan harus  
mengakhiri

**“komitmen itu hanya ada 100%”**

## SANWACANA

Puji Syukur Penulis kehadiran Allah SWT yang maha pengasih lagi maha penyayang, yang telah melimpahkan nikmat, anugerah serta kekuatan lahir dan batin kepada Penulis.

Penelitian ini merupakan salah satu proyek hibah dari Tim Prof. Suharso, Ph.D yang berjudul “Studi Kemampuan Adsorpsi Biomassa Kulit Singkong (*Manihot esculenta Crantz*) terhadap ion logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II)” yang dibiayai oleh DIKTI. Dengan berbekal keyakinan, ketabahan dan kemauan yang keras, bimbingan dan ridho dari Allah SWT, serta bantuan dari berbagai pihak jualah, maka Penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Melalui kesempatan ini, Penulis hendak mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan moril maupun spiritual.

Dengan teriring salam dan doa serta ucapan terimakasih yang tak terhingga Penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Prof. Suharso, Ph.D selaku Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, perhatian, dan memberi limpahan ilmu.
2. Ibu Dra. Ilim, M.S selaku Pembimbing Kedua yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan dalam menyelesaikan skripsi ini.



3. Bapak Andi Setiawan Ph.D selaku Dosen Penguji dan Ketua Jurusan Kimia FMIPA yang telah memberikan kritik dan saran kepada penulis demi menyempurnakan skripsi ini.
4. Ibu Dra. Nurul Utami, M.S yang telah banyak menolong pada saat proses menuju penyelesaian skripsi ini.
5. Ibu Mita Rilyanti, M.Si yang telah banyak memberikan masukan dan waktu luangnya demi terselesaikannya skripsi ini.
6. Bapak Syaiful Bahri, M.Si selaku Pembimbing Akademik atas kebijaksanaan dan ketulusannya dalam membimbing penulis dari awal hingga akhir studi.
7. Bapak Dr. Sutyarso, M.S. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
8. Staff Pengajar dan Karyawan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
9. Kedua orang tuaku dan embah putri yang menjadi Motivator Hidup, yang sudah mencurahkan kasih sayang yang tak berujung sehingga penulis dapat menyelesaikan masa studi Sarjana dan skripsi ini. Terima kasih tiada terkira atas perjuangan kalian...
10. Mas i-ang, mba Opi, Nia, si endut Tasya, tante ina, mb yuli, tante rina & om arno, bulek tuti, bulek wati, om mukhlis, bulek amin, om khairil, om sofyan, icha, dita, tari (makasih Printernya..), pak Har, mas Lung, Mbah Rohmat & keluarga atas perhatian dan saran kalian semua akhirnya skripsi ini terselesaikan juga.

11. Nicky Okta Rahayu dan keluarga selaku Penguat Hati ini atas perhatian dan semangatnya yang menjauhkan dari kesendirian.
12. Sahabatku : Agus, Endik, Bambang, Nug, Rudi, Wahyu, Dadang, Ramdani. Pejantan tangguh dari SMA. Semangat kalian selalu ada di hati.
13. Teman-temanku : Misbah, Ridho, Agunk, Putu, Babay, Lulu, Padli, Riswandi, Yan, Ronald, Fajar, Andi, Subki, Majid, Hernawan, Catur, Nur, Evi, Ria, Tini, Yuli, Wulan, Iin, Laida, Dian, Nunung, Indri, Ani, Elis, Maria, Lina, Indah, Prety, Yeti, Maya dan rekan-rekan kimia 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 dan 2007.

Semoga amal baik mereka selama ini, mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT, dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Bandar Lampung, September 2010

**Septian Eri Sadewo**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	i
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>A. PENDAHULUAN</b>	
Latar Belakang.....	1
Tujuan Penelitian .....	3
Manfaat Penelitian .....	4
<b>B. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
Biomassa Kulit Singkong .....	5
Logam Berat	
Logam Timbal Pb(II) .....	8
Logam Kadmium Cd(II) .....	9
Logam Tembaga Cu(II) .....	10
Adsorpsi Ion Logam oleh Biomassa Kulit Singkong .....	12
Kapasitas dan Energi Adsorpsi .....	13
Asam Nitrat .....	16
<b>C. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
Waktu dan Tempat .....	18
Alat dan Bahan .....	18

Prosedur Penelitian	
Penyiapan Biomassa Kulit Singkong .....	19
Aktivasi Biomassa Kulit Singkong .....	19
Pembuatan Larutan Induk Pb(II), Cd(II), dan Cu(II) .....	20
Proses Adsorpsi	
Pengaruh Variasi Waktu Interaksi .....	20
Pengaruh Variasi Konsentrasi Larutan .....	21
Pengaruh Variasi Temperatur.....	21
Karakterisasi dengan Spektrofotometer Infra Merah .....	22
Karakterisasi dengan Spektrofotometer Serapan Atom .....	22

#### **D. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Identifikasi Gugus Fungsi Adsorben melalui Analisis Spektrum Infra Merah.....	23
Penentuan Kemampuan Adsorpsi	
Pengaruh Waktu terhadap Adsorpsi Ion Logam .....	25
Pengaruh Waktu terhadap Adsorpsi Ion Logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II) oleh biomassa kulit singkong .....	26
Pengaruh Waktu terhadap Adsorpsi Ion Logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II) oleh biomassa kulit singkong yang diaktivasi dengan HNO <sub>3</sub> 0.3 M .....	27
Pengaruh Konsentrasi Terhadap Adsorpsi Ion Logam	
Pengaruh Konsentrasi terhadap Adsorpsi Ion Logam Pb(II) pada Biomassa Kulit Singkong dan Biomassa Kulit Singkong Teraktivasi.....	28
Pengaruh Konsentrasi terhadap Adsorpsi Ion Logam Cd(II) oleh Biomassa Kulit Singkong dan Biomassa Kulit Singkong Teraktivasi.....	31
Pengaruh Konsentrasi terhadap Adsorpsi Ion Logam Cu(II) oleh Biomassa Kulit Singkong dan Biomassa Kulit Singkong Teraktivasi.....	33
Pengaruh Temperatur Terhadap Adsorpsi Ion Logam .....	36

**E. SIMPULAN DAN SARAN**

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel

	Halaman
1. Parameter Langmuir untuk adsorpsi Pb(II) oleh biomassa kulit singkong dan biomassa kulit singkong teraktivasi .....	30
2. Parameter Langmuir untuk adsorpsi ion logam Cd(II) oleh biomassa kulit singkong dan biomassa kulit singkong teraktivasi	32
3. Parameter Langmuir untuk adsorpsi ion logam Cu(II) oleh biomassa kulit singkong dan biomassa kulit singkong teraktivasi	35
4. Adsorpsi ion logam Pb(II) oleh biomassa kulit singkong terhadap pengaruh waktu .....	44
5. Adsorpsi ion logam Cd(II) oleh biomassa kulit singkong terhadap pengaruh waktu .....	44
6. Adsorpsi ion logam Cu(II) oleh biomassa kulit singkong terhadap pengaruh waktu .....	44
7. Adsorpsi ion logam Pb(II) oleh biomassa kulit singkong teraktivasi terhadap pengaruh waktu .....	45
8. Adsorpsi ion logam Cd(II) oleh biomassa kulit singkong teraktivasi terhadap pengaruh waktu .....	45
9. Adsorpsi ion logam Cu(II) oleh biomassa kulit singkong teraktivasi terhadap pengaruh waktu .....	45
10. Adsorpsi ion logam Pb(II) oleh biomassa kulit singkong terhadap pengaruh konsentrasi .....	46
11. Adsorpsi ion logam Cd(II) oleh biomassa kulit singkong terhadap pengaruh konsentrasi .....	46

12. Adsorpsi ion logam Cu(II) oleh biomassa kulit singkong terhadap pengaruh konsentrasi .....	46
13. Adsorpsi ion logam Pb(II) oleh biomassa kulit singkong teraktivasi terhadap pengaruh konsentrasi .....	47
14. Adsorpsi ion logam Cd(II) oleh biomassa kulit singkong teraktivasi terhadap pengaruh konsentrasi .....	47
15. Adsorpsi ion logam Cu(II) oleh biomassa kulit singkong teraktivasi terhadap pengaruh konsentrasi .....	47
16. Tabel 15. Adsorpsi ion logam Pb(II) oleh biomassa kulit singkong terhadap pengaruh temperatur .....	48
17. Tabel 16. Adsorpsi ion logam Cd(II) oleh biomassa kulit singkong terhadap pengaruh temperatur .....	48
18. Tabel 17. Adsorpsi ion logam Cu(II) oleh biomassa kulit singkong terhadap pengaruh temperatur .....	48
19. Tabel 18. Adsorpsi ion logam Pb(II) oleh biomassa kulit singkong teraktivasi terhadap pengaruh temperatur .....	49
20. Tabel 19. Adsorpsi ion logam Cd(II) oleh biomassa kulit singkong teraktivasi terhadap pengaruh temperatur .....	49
21. Tabel 20. Adsorpsi ion logam Cu(II) oleh biomassa kulit singkong teraktivasi terhadap pengaruh temperatur .....	49

## DAFTAR GAMBAR

Gambar

	Halaman
1. Umbi Singkong .....	5
2. Struktur Selulosa .....	7
3. Isoterm Adsorpsi Langmuir .....	14
4. Spektrum Infra Merah Biomassa Kulit Singkong ( <i>Manihot esculenta Crantz</i> ) .....	23
5. Spektrum Infra Merah Biomassa Kulit Singkong ( <i>Manihot esculenta Crantz</i> ) setelah proses aktivasi dengan HNO <sub>3</sub> 0,3 M .....	24
6. Laju Adsorpsi Ion Logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II) oleh Biomassa Kulit Singkong pada Temperatur 27 °C .....	26
7. Laju Adsorpsi Ion Logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II) oleh Biomassa Kulit Singkong yang diaktivasi dengan HNO <sub>3</sub> 0,3 M .....	27
8. Pola Adsorpsi Ion Logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II) pada Biomassa Kulit Singkong dan Biomassa Kulit Singkong Teraktivasi .....	28
9. Hasil Plot Langmuir untuk Adsorpsi Pb(II) oleh Biomassa Kulit Singkong dan Biomassa Kulit Singkong Teraktivasi.....	29
10. Pola Adsorpsi Ion Logam Cd(II) oleh Biomassa Kulit Singkong dan Biomassa Kulit Singkong Teraktivasi.....	31
11. Hasil Plot Langmuir untuk Adsorpsi Cd(II) oleh Biomassa Kulit Singkong dan Biomassa Kulit Singkong Teraktivasi .....	32
12. Pola Adsorpsi Ion Logam Cu(II) oleh Biomassa Kulit Singkong dan Biomassa Kulit Singkong Teraktivasi .....	33



13. Hasil Plot Langmuir untuk Adsorpsi Cu(II) oleh Biomassa Kulit Singkong dan Biomassa Kulit Singkong Teraktivasi .....	34
14. Pola Adsorpsi Ion Logam Pb(II) oleh Biomassa Kulit Singkong dan Biomassa Kulit Singkong Teraktivasi pada Temperatur 27, 37, 47, dan 57 °C .....	36
15. Pola Adsorpsi Ion Logam Cd(II) oleh Biomassa Kulit Singkong dan Biomassa Kulit Singkong Teraktivasi pada Temperatur 27, 37, 47, dan 57 °C .....	36
16. Pola Adsorpsi Ion Logam Cu(II) oleh Biomassa Kulit Singkong dan Biomassa Kulit Singkong Teraktivasi pada Temperatur 27, 37, 47, dan 57 °C .....	37

## **A. PENDAHULUAN**

### **1. Latar Belakang**

Dewasa ini pembangunan di sektor industri menunjukkan kemajuan yang sangat pesat. Hal ini selain meningkatkan kualitas hidup manusia juga menimbulkan dampak sampingan berupa buangan atau limbah industri yang akan menyebabkan pencemaran lingkungan. Salah satu zat buangan industri yang dapat menyebabkan pencemaran adalah logam berat. Buangan industri yang mengandung unsur atau senyawa logam berat sangat membahayakan kehidupan tumbuhan, hewan, manusia dan biota air. Beberapa industri dihadapkan pada masalah teknologi pemisahan logam-logam berat yang beracun.

Logam-logam berat yang sering mencemari lingkungan akibat berbagai proses industri diantaranya adalah arsenik (As), kromium (Cr), cadmium (Cd), merkuri (Hg), nikel (Ni), tembaga (Cu) dan timbal (Pb). Logam-logam dengan jumlah yang besar akan terkumpul dalam suatu mikroorganisme dalam waktu yang lama sebagai racun yang terakumulasi (Palar, 1994). *United State Environmental Agency* (USEPA) telah mendata ada 13 elemen logam berat yang merupakan polutan perairan yang berbahaya, diantaranya adalah Pb, Cd, dan Cu (Suhendaryatna, 2005). Nilai ambang batas logam berat berada di lingkungan

perairan menurut Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 adalah  $0,03 \text{ mg.L}^{-1}$  untuk Pb dan  $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$  untuk Cd. Sedangkan kebutuhan harian Cu untuk manusia yang dianjurkan *World Health Organization* (WHO) adalah sebesar 30 - 80  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  berat tubuh manusia.

Berbagai kasus pencemaran oleh Pb, Cd dan Cu telah banyak dilaporkan, contoh yang cukup terkenal adalah pencemaran yang disebabkan oleh pembuangan aktivitas pertambangan yang mengandung kadmium di hulu sungai Jinzu Jepang. Keracunan logam kadmium dapat menimbulkan kerapuhan pada tulang, kerusakan kerja ginjal dan hati seperti yang terjadi di Jepang tahun 1950 yang dikenal dengan “*itai-itai*” (Palar, 1994). Selanjutnya Needleman dkk (1990) dalam Darmono (1995) mempelajari pengaruh toksisitas Pb pada anak umur 6-7 tahun yang tinggal di tepi sungai dengan resiko pencemaran Pb yang tinggi. Dari hasil penelitiannya diketahui bahwa keracunan Pb, meskipun tidak menunjukkan gejala yang kuat, tetapi pengaruhnya sangat mengkhawatirkan, yakni berupa penurunan sistem daya intelektual anak. Sedangkan keracunan logam Cu dapat menimbulkan penurunan kerja ginjal (Darmono, 1995).

Menyadari ancaman yang begitu besar, maka perlu dilakukan suatu usaha untuk mengurangi kadar logam berat di lingkungan. Berbagai metode telah dikembangkan, diantaranya; pengolahan limbah secara kimia dengan penambahan bahan kimia dan secara fisika dengan karbon aktif. Tetapi metode tersebut memerlukan biaya yang relatif mahal. Oleh sebab itu, perlu metode alternatif yang lebih ekonomis lagi, salah satunya adalah pemanfaatan sistem adsorpsi biomassa (Gardea-Torresdey *et al.*, 1990). Cara tersebut dapat dilakukan

dengan memanfaatkan biomassa kulit singkong sebagai adsorben logam berat (Horsfall *et al.*, 2003).

Kulit singkong (*Manihot esculenta Crantz*) telah diketahui mempunyai kemampuan untuk mengadsorpsi ion-ion logam karena merupakan suatu selulosa yang banyak mengandung gugus fungsi hidroksil yang dapat digunakan sebagai ligan untuk mengikat ion logam. Selain itu, kulit singkong juga mudah ditemukan di Indonesia salah satunya di daerah Provinsi Lampung.

Berdasarkan uraian di atas, maka pada penelitian ini dipelajari kemampuan adsorpsi biomassa kulit singkong yang telah diaktivasi maupun tanpa aktivasi terhadap ion logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II). Parameter kinetika dan termodinamika yang dipelajari akan digunakan untuk mengetahui tingkat keberhasilan proses adsorpsi, kapasitas, dan energi adsorpsi dari proses adsorpsi ion logam pada adsorben.

## **2. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mempelajari kemampuan adsorpsi biomassa kulit singkong (*Manihot esculenta Crantz*) terhadap ion logam Pb(II), Cd(II) dan Cu(II).
2. Membandingkan kemampuan adsorpsi ion logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II) pada biomassa kulit singkong (*Manihot esculenta Crantz*) sebelum dan setelah diaktivasi dengan HNO<sub>3</sub> 0,3 M.

3. Memanfaatkan limbah kulit singkong (*Manihot esculenta Crantz*) sebagai adsorben logam berat yang bernilai ekonomis.

### **3. Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah untuk memberikan informasi tentang proses adsorpsi ion logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II) oleh biomassa kulit singkong (*Manihot esculenta Crantz*), sehingga dapat digunakan sebagai metode alternatif untuk mengurangi kadar logam berat khususnya di lingkungan perairan.

## B. TINJAUAN PUSTAKA

### 1. Biomassa Kulit Singkong (*Manihot esculenta Crantz*)

Singkong atau ketela merupakan umbi atau akar pohon yang panjang dengan fisik rata-rata bergaris tengah 2-3 cm dan panjang 50-80 cm (Gambar 1). Daging umbinya berwarna putih atau kekuning-kuningan. Umbi singkong tidak tahan simpan meskipun ditempatkan di lemari pendingin. Gejala kerusakan ditandai dengan keluarnya warna biru gelap akibat terbentuknya asam sianida yang bersifat racun bagi manusia.

Klasifikasi ilmiah singkong adalah sebagai berikut:



Kingdom : Plantae  
Divisio : Magnoliophyta  
Kelas : Magnoliopsida  
Ordo : Malphigiales  
Suku : Euphorbiaceae  
Subsuku : Crotonoidae  
Marga : Manihot  
Spesies : *M. Esculenta*

Gambar 1. Umbi Singkong

Nama Binomial: *Manihot esculenta* Crantz

Berdasarkan data FAO (Food and Agriculture Organization) produksi singkong Indonesia mencapai 16,7 Juta ton pada tahun 2002 dan 19,5 Juta ton pada tahun 2004. Pada tahun 2006, Lampung Post memberitakan, khusus untuk produksi singkong di Lampung tiap tahunnya mencapai 4-5 juta ton.

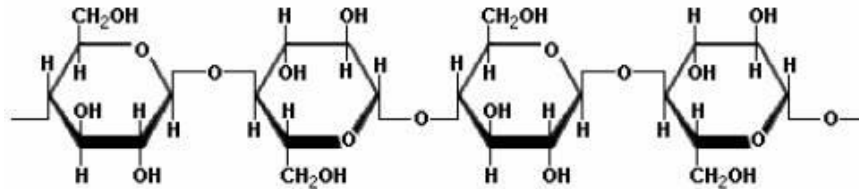
Kulit singkong tergolong dalam sampah organik karena sampah ini dapat terdegradasi (membusuk/hancur) secara alami. Persentase jumlah limbah kulit singkong bagian luar sebesar 0,5-2% dari berat total singkong segar dan limbah kulit bagian dalam sebesar 8-15%.

Secara umum, kulit singkong terbentuk dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Umbi singkong termasuk kulitnya sebagian besar terdiri dari selulosa nonreduktif yang banyak mengandung gugus fungsi hidroksil, karbonil, dan sedikit sianida (Abia *et al.*, 2002). Menurut Onabolu (1989) kulit singkong juga mengandung dua macam glukosida sianogenik yaitu linamarin dan lotaustralin. Linamarin dan lotaustralin berturut-turut merupakan  $\beta$ -glukosida dari aseton sianohidrin dan etilmetilketon sianohidrin (Cereda dan Mattos, 1996).

Selulosa adalah komponen utama yang mencapai 62.9% dari bobot kering umbi singkong. Selulosa sangat erat berasosiasi dengan hemiselulosa dan lignin.

Selulosa terdiri dari unit monomer D-glukosa yang terikat melalui ikatan  $\beta$ -1-4-glikosidik. Gugus fungsional dari rantai selulosa adalah gugus hydroxyl. Gugus -OH ini dapat berinteraksi satu sama lain dengan gugus -O, -N, dan -S, membentuk ikatan hidrogen. Ikatan hidrogen juga terjadi antara gugus -OH selulosa dengan

air. Gugus-OH selulosa menyebabkan permukaan selulosa menjadi hidrofilik. Rantai selulosa memiliki gugus-H di kedua ujungnya. Ujung C1 memiliki sifat pereduksi. Struktur rantai selulosa distabilkan oleh ikatan hidrogen yang kuat disepanjang rantai.



Gambar 2. Struktur Selulosa

Selanjutnya Abia dkk (2003), menyatakan bahwa biomassa kulit singkong telah efektif digunakan sebagai adsorben ion logam Cu(II), Cd(II), dan Zn(II) dalam larutan. Hal ini disebabkan karena kulit singkong mengandung gugus fungsi -OH dari selulosa yang dapat digunakan sebagai ligan untuk mengikat ion logam.

## 2. Logam Berat

Istilah logam berat menunjuk pada logam yang mempunyai berat jenis lebih tinggi dari 5 atau 6 g.cm<sup>-3</sup>. Namun pada kenyataannya dalam pengertian logam berat ini, dimasukkan pula unsur-unsur metaloid yang mempunyai sifat berbahaya seperti logam berat sehingga jumlah seluruhnya mencapai lebih kurang 40 jenis. Dalam literatur kimia, istilah logam berat biasa digunakan untuk logam-logam yang sulit di degradasi dan memiliki sifat toksisitas pada makhluk hidup. Beberapa logam berat yang beracun tersebut adalah As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, dan Zn.



Logam berat adalah unsur yang mempunyai sifat logam atau dengan kriteria yang sama seperti logam-logam lain diantaranya:

1. Memiliki kemampuan yang baik sebagai penghantar listrik (konduktor)
2. Memiliki kemampuan sebagai penghantar panas yang baik
3. Memiliki rapatan yang tinggi
4. Dapat membentuk *alloy* dengan logam lainnya

Perbedaannya terletak dari pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini berikatan dan atau masuk ke dalam tubuh organisme hidup (Palar, 1994).

Menurut Palar (1994) karakteristik kelompok logam berat adalah:

1. Memiliki berat jenis yang sangat besar (lebih dari 4).
2. Mempunyai nomor atom 22-23 dan 40-50 serta unsur-unsur lantanida dan aktinida.
3. Mempunyai respon biokimia khas pada organisme.

Secara alamiah, unsur-unsur logam berat terdapat dalam jumlah yang cukup rendah di alam. Dalam lingkungan perairan, logam berat berada dalam bentuk ion-ion, baik sebagai pasangan ion ataupun bentuk ion-ion tunggal. Kadar logam berat akan meningkat bila limbah perkotaan, pertambangan, pertanian, dan perindustrian masuk ke dalam lingkungan perairan.

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

Timbal dikenal juga dengan nama timah hitam, dalam bahasa ilmiahnya dinamakan *plumbum* dengan lambang Pb. Dalam tabel periodik, logam ini

termasuk dalam golongan IV A dengan nomor atom (NA) 82 dengan konfigurasi elektron  $[\text{Xe}]4f^{14}5d^{10}6s^26p^2$  dan berat atom relatifnya (BA)  $207,2 \text{ g.mol}^{-1}$ . Timbal adalah logam yang lunak, berwarna abu-abu kebiruan, memiliki densitas yang tinggi ( $11,48 \text{ g.mL}^{-1}$ ), titik didih  $1740 \text{ }^\circ\text{C}$ , titik leleh  $327,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , dan memiliki keelektronegatifan sebesar 1,8. Logam timbal mudah melarut dalam asam nitrat yang pekatnya 8 M. Dengan asam ini, timbal akan membentuk lapisan pelindung berupa timbal nitrat,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , yang mencegah pelarutan lebih lanjut (Vogel, 1990).

Menurut Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air menyatakan bahwa batas maksimum untuk logam Pb berada di lingkungan perairan adalah  $0,03 \text{ mg.L}^{-1}$ . Jika logam berat Pb berada di ambang batas yang ditentukan maka akan mengakibatkan keracunan akut pada manusia karena terjadinya kerusakan yang hebat pada ginjal, sistem reproduksi, hati, otak, sistem syaraf pusat (gangguan sistem syaraf dan mental), menghambat sintesis hemoglobin (Hb) dalam sumsum tulang serta dapat menimbulkan kematian (Palar, 1994).

#### **b. Logam Kadmium (Cd)**

Kadmium merupakan logam putih keperakan, dapat ditempa dan liat, serta mempunyai nama kimia Cd. Dalam tabel berkala termasuk golongan II B dengan konfigurasi elektron  $[\text{Kr}]4d^{10}5s^2$ , bernomor atom 48 dengan bobotnya  $112,42 \text{ g.mol}^{-1}$ , titik didihnya  $765 \text{ }^\circ\text{C}$  dan titik lelehnya sebesar  $320 \text{ }^\circ\text{C}$ . Kadmium dapat larut dengan lambat dalam asam encer dengan melepaskan hidrogen membentuk

ion bivalen yang tak berwarna (Vogel,1990) dan mempunyai jari-jari ionik  $\text{Cd}^{2+}$  0,97 Å. Unsur Cd mempunyai sifat yang unik yaitu tidak memberikan tingkat oksidasi selain +2 (Cotton dan Wilkinson,1976).

Logam kadmium mempunyai kemampuan untuk mengikat gugus sulfur dan karboksil (-COOH) dari molekul-molekul protein, asam amino dan amida. Zat pencemar kadmium berasal dari buangan industri dan limbah pertambangan (Palar, 1994).

Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air menyatakan bahwa batas maksimum untuk logam Cd berada di lingkungan perairan adalah  $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ . Seperti halnya merkuri dan logam-logam berat lainnya, logam Cd merupakan logam berat yang paling berbahaya setelah raksa (Hg) karena dapat membawa sifat racun yang sangat merugikan bagi semua organisme hidup, bahkan juga sangat berbahaya untuk manusia. Keracunan kadmium dapat bersifat akut dan kronis. Efek keracunan yang dapat ditimbulkannya berupa penyakit paru-paru, hati, tekanan darah tinggi, gangguan pada sistem ginjal dan kelenjar pencernaan serta mengakibatkan kerapuhan tulang (Palar, 1994).

### **c. Logam Tembaga (Cu)**

Tembaga dengan nama kimia kuprum dilambangkan dengan Cu, merupakan unsur logam yang berbentuk kristal dengan warna kemerahan dan mempunyai titik didih  $2600 \text{ }^\circ\text{C}$  serta titik leleh  $1080 \text{ }^\circ\text{C}$ . Dalam sistem periodik unsur, logam Cu

menempati posisi dengan nomor atom (NA) 29, golongan I B dan mempunyai massa atom relatif (Ar) 63,546. Unsur Cu umumnya terdapat dalam keadaan teroksidasi +1 dan +2. Logam Cu merupakan logam berat yang *essensial*, yakni meskipun Cu adalah logam berat beracun, namun unsur logam ini dibutuhkan walaupun dalam jumlah yang sedikit karena dapat berguna dalam proses metabolisme tubuh makhluk hidup.

Senyawa-senyawa tembaga (I) diturunkan dari tembaga (I) oksida  $\text{Cu}_2\text{O}$  yang berwarna merah dan mengandung ion tembaga (I),  $\text{Cu}^+$  senyawa ini tidak berwarna, kebanyakan garam tembaga (I) tidak larut dalam air. Garam tembaga (I) mudah dioksidasi menjadi senyawa tembaga (II), yang dapat diturunkan dari tembaga (II) oksida,  $\text{CuO}$ . Garam-garam tembaga (II) umumnya berwarna biru, baik dalam bentuk hidrat, padat, maupun dalam larutan air.

Kebutuhan harian Cu untuk manusia yang dianjurkan *World Health Organization* (WHO) adalah sebesar 30 - 80  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  berat tubuh manusia. Jika melebihi batas maksimum yang dibutuhkan, logam Cu akan menimbulkan efek keracunan seperti gangguan fungsi pernafasan dan kerusakan atropik pada selaput lendir.

Sedangkan keracunan Cu secara kronis dapat dilihat dengan timbulnya penyakit *Wilson dan Kinsky*. Gejala penyakit ini adalah terjadinya kerusakan otak dan penurunan kerja ginjal serta pengendapan Cu dalam kornea mata. Pada penyakit *Kinsky* akibatnya dapat diketahui dengan terbentuknya rambut yang kaku dan berwarna kemerahan pada penderita (Palar, 1994).

### 3. Adsorpsi Ion Logam oleh Biomassa Kulit Singkong

Adsorpsi adalah akumulasi partikel pada permukaan. Zat yang mengadsorpsi disebut adsorben sedangkan zat yang teradsorpsi disebut adsorbat (Atkins, 1997).

Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan zat berbentuk gas atau cairan oleh permukaan atau antar muka tanpa penetrasi.

Oscik (1982), menjabarkan teori langmuir bahwa pada permukaan adsorben terdapat sejumlah tertentu situs aktif yang sebanding dengan luas permukaan adsorben. Dalam setiap situs aktif hanya satu molekul yang diadsorpsi. Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya fisika dan gaya kimia yang masing-masing menghasilkan adsorpsi fisika (*physisorption*) dan adsorpsi kimia (*chemisorption*).

Adsorpsi kimia melibatkan ikatan koordinasi sebagai akibat dari penggunaan elektron secara bersama oleh adsorben dan adsorbat (Oscik, 1982). Adsorpsi kimia mempunyai energi  $>40 \text{ kJ.mol}^{-1}$ , yang dihasilkan dari ikatan kovalen atau elektrostatik, akibat interaksi yang lebih kuat daripada interaksi fisika, maka zat yang teradsorpsi sukar dilepaskan dan cenderung bersifat reversibel.

Secara umum, terdapat dua jenis adsorpsi logam berat oleh mikroorganisme, yaitu adsorpsi yang tidak bergantung metabolisme (*metabolism-independent*) dan adsorpsi yang bergantung metabolisme (*metabolism-dependent*). Proses adsorpsi logam yang tidak bergantung pada metabolisme terutama terjadi pada permukaan dinding sel dan permukaan ekstrasel lain, yang terjadi melalui mekanisme kimia dan fisika, seperti pertukaran ion dan pembentukan kompleks. Sedangkan adsorpsi yang bergantung pada metabolisme akan menyebabkan terakumulasinya

logam di dalam dinding sel. Proses ini secara keseluruhan di sebut biosorpsi (Gladd dan White, 1993).

#### 4. Kapasitas dan Energi Adsorpsi

Proses penyerapan kimia dapat dinyatakan dengan persamaan kimia. Jika zat yang terserap adalah suatu gas, persamaan reaksi kesetimbangan dapat ditulis sebagai berikut:



Dengan A adalah gas yang terserap, M adalah situs aktif pada permukaan adsorben dan AM adalah molekul yang terikat pada permukaan adsorben. Bila  $\theta$  adalah fraksi situs yang terisi adsorbat dan  $\theta_0$  adalah fraksi situs yang belum terisi adsorbat, maka  $\theta + \theta_0 = 1$ . Laju adsorpsi adalah  $r_{\text{ads}} = k_1 P (1 - \theta)$ , laju desorpsi adalah  $r_{\text{des}} = k_{-1} P \theta$ , dengan P adalah tekanan gas dan  $k_1$  merupakan konstanta laju adsorpsi dan  $k_{-1}$  adalah konstanta laju desorpsi.

Dalam kesetimbangan lajunya adalah  $r_{\text{ads}} = r_{\text{des}}$  sehingga didapatkan:

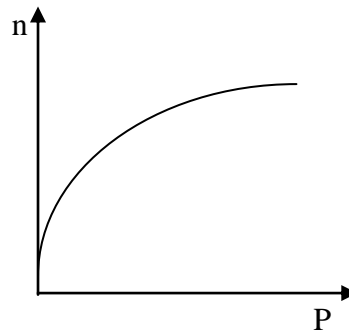
$$\theta = \frac{k_1 P}{1 + k_1 P} = \frac{K_p P}{1 + K_p P} \quad (2)$$

Karena  $\theta = n/n_m$ , dengan n adalah konsentrasi situs permukaan yang terisi adsorbat,  $n_0$  adalah konsentrasi situs permukaan yang belum terisi adsorbat.

Konsentrasi situs yang belum terisi adsorbat dan yang sudah terisi adsorbat adalah  $n + n_0 = n_m$ , sehingga persamaan tersebut menjadi:

$$n = \frac{n_m K_p}{1 + K_p} \quad (3)$$

dengan plot  $n$  terhadap  $P$  seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5 berikut:



Gambar 3. Isoterm adsorpsi Langmuir

Untuk adsorpsi suatu zat dalam larutan, maka persamaan tersebut dapat dikoreksi dengan mengkonversikan  $P$  menjadi konsentrasi molar  $C$ , yaitu konsentrasi adsorbat saat setimbang, sehingga diperoleh:

$$n = \frac{n_m K_c}{1 + K_c} \quad (4)$$

Persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dapat ditulis dalam bentuk persamaan linear yaitu:

$$\frac{C}{n} = \frac{1}{n_m K} + \frac{C}{n_m} \quad (5)$$

Diketahui  $n$  adalah konsentrasi adsorbat yang terdapat pada situs permukaan adsorbat per gram adsorben pada konsentrasi  $C$ . Plot  $C/n$  terhadap  $C$  akan diperoleh garis lurus, sehingga konstanta kesetimbangan ( $K$ ) dan kapasitas adsorpsi maksimum ( $n_m$ ) dapat ditentukan dari intersep dan slope grafik (Adamson, 1990).

Energi total adsorpsi per mol dapat dihitung dengan menggunakan persamaan energi bebas Gibbs, seperti berikut:

$$E = -\Delta G_{\text{ads}}^{\circ} = R T \ln K$$

$K$  adalah tetapan kesetimbangan yang diperoleh dari persamaan Langmuir, energi total adsorpsi  $E$  harganya sama dengan negatif energi bebas Gibbs (Oscik, 1982).

Pada umumnya proses adsorpsi bersifat eksoterm (mengeluarkan panas), yang berarti bahwa adsorpsi akan bertambah dengan menurunnya temperatur. Reaksi bersifat eksoterm apabila perubahan entalpinya ( $\Delta H$ ) negatif dan endoterm apabila perubahan entalpinya ( $\Delta H$ ) positif.

Pada temperatur yang berbeda, perubahan entalpi reaksi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{\Delta H}{R} \left[ \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right] \quad (6)$$

Dan berdasarkan harga energi adsorpsi, maka dapat diperkirakan bahwa proses adsorpsi terjadi melalui ikatan yang melibatkan gaya-gaya tertentu. Gaya-gaya



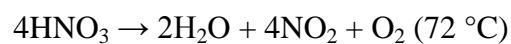
tersebut adalah gaya Van der Waals, ikatan hidrogen, gaya elektrostatik dan ikatan kovalen.

Dalam Day dan Underwood (1992) dinyatakan bahwa gaya yang berperan dalam adsorpsi tergantung pada sifat kimia permukaan dan struktur spesies yang teradsorpsi. Yang jelas efek elektrostatik terlibat dalam adsorpsi ion-ion pada permukaan zat padat ionik. Jika adsorbat dan permukaan adsorben berinteraksi hanya oleh gaya Van der Waals, maka yang terjadi adalah adsorpsi fisika atau adsorpsi Van der Waals. Molekul yang teradsorpsi terikat secara lemah dengan permukaan sehingga naiknya temperatur ditandai dengan turunnya jumlah adsorpsi (Atkins, 1997).

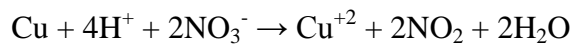
## **5. Asam Nitrat (HNO<sub>3</sub>)**

Senyawa kimia asam nitrat (HNO<sub>3</sub>) adalah sejenis cairan korosif yang tak berwarna dan merupakan asam beracun yang dapat menyebabkan luka bakar. Asam nitrat murni (100%) merupakan cairan tak berwarna dengan berat jenis 1.522 kg.m<sup>-3</sup>. Ia membeku pada suhu -42 °C, membentuk kristal-kristal putih, dan mendidih pada 83 °C.

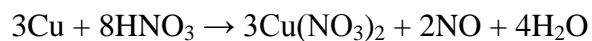
Ketika mendidih pada suhu kamar, terdapat dekomposisi (penguraian) sebagian dengan pembentukan nitrogen dioksida sesudah reaksi:



Yang berarti bahwa asam nitrat anhidrat sebaiknya disimpan di bawah 0 °C untuk menghindari penguraian. Asam nitrat bercampur dengan air dalam berbagai proporsi dan distilasi menghasilkan azeotrop dengan konsentrasi 68% HNO<sub>3</sub> dan titik didih 120,5 °C pada 1 atm. Terdapat dua hidrat padat yang diketahui, yaitu monohidrat (HNO<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O) dan trihidrat (HNO<sub>3</sub>·3H<sub>2</sub>O). Sebagai sebuah oksidator yang kuat, asam nitrat bereaksi dengan hebat dengan sebagian besar bahan-bahan organik dan reaksinya dapat bersifat eksplosif. Produk akhirnya bisa bervariasi tergantung pada konsentrasi asam, suhu, serta reduktor. Reaksi dapat terjadi dengan semua logam kecuali deret logam mulia dan aloi tertentu. Karakteristik ini membuat asam nitrat menjadi agen yang umumnya digunakan dalam uji asam. Sebagai kaidah yang umum, reaksi oksidasi utamanya terjadi dengan asam pekat, memfavoritkan pembentukan nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>).



Sifat-sifat asam cenderung mendominasi pada asam nitrat encer, diikuti dengan pembentukan nitrogen oksida (NO) yang lebih diutamakan.



Karena asam nitrat merupakan oksidator, hidrogen (H<sub>2</sub>) jarang terbentuk. Asam nitrat mampu menyerang dan melarutkan semua logam yang ada pada tabel periodik, kecuali emas dan platina.

## C. METODOLOGI PENELITIAN

### 1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Pebruari sampai bulan Juni 2010 di Laboratorium Kimia Anorganik dan Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Lampung. Analisis gugus fungsi menggunakan Spektrofotometer Inframerah (IR) dilakukan di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) kimia Serpong dan analisis kadar logam menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) dilakukan di Laboratorium Instrumentasi Jurusan Kimia FMIPA Universitas Gajah Mada Yogyakarta.

### 2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah alat-alat gelas laboratorium, pH meter, *sentrifius*, *shaker*, lumpang, ayakan 100 Mesh, neraca analitik, *stop watch*, oven, termometer, Spektrofotometer Inframerah (IR) dan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Sedangkan bahan-bahan yang digunakan adalah kulit singkong (*Manihot esculenta Crantz*),  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{HCl}$ , akuabides, dan akuades.

### **3. Prosedur Penelitian**

#### **a. Penyiapan Biomassa Kulit Singkong**

Biomassa kulit singkong (*Manihot esculenta Crantz*) diperoleh dari lapak hasil pertanian singkong di daerah Sulusuban Lampung Tengah. Pertama kali singkong dibersihkan, dicuci dengan akuades selanjutnya dikupas dengan hati-hati untuk mendapatkan kulitnya. Kulit yang digunakan adalah kulit yang tebal dan berwarna putih. Kemudian kulit singkong di potong kecil-kecil  $\pm 5$  cm, dicuci dengan akuades dan dikeringanginkan selama satu minggu. Kulit singkong yang didapatkan kemudian dihancurkan dengan mortar dan dikeringkan dalam oven pada suhu  $90^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam. Lalu disaring menggunakan ayakan dengan ukuran 100 Mesh. Diperoleh biomassa kering yang siap digunakan (Horsfall *et al.*, 2003)

#### **b. Aktivasi Biomassa Kulit Singkong**

Sebanyak 200 gram biomassa direndam dalam larutan  $\text{HNO}_3$  0,3 M berlebih selama 24 jam untuk menghilangkan biomolekul yang mungkin berinteraksi dengan ion logam. Kemudian dicuci dengan akuades sampai diperoleh pH 7. Terakhir dikeringanginkan untuk memperoleh biomassa kering yang siap digunakan (Horsfall *et al.*, 2003).

### **c. Pembuatan larutan induk Pb(II), Cd(II), dan Cu(II)**

Larutan induk Pb(II)  $1000 \text{ mg.L}^{-1}$  dibuat dengan cara melarutkan 1,60 g  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  dalam akuabides sampai volumenya mencapai 1 L. Larutan induk Cd(II)  $1000 \text{ mg.L}^{-1}$  dibuat dengan melarutkan 2,20 g  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  dalam akuabides hingga volumenya mencapai 1 L dan larutan induk Cu(II)  $1000 \text{ mg.L}^{-1}$  dibuat dengan melarutkan 3,93 g  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  dalam akuabides hingga volumenya mencapai 1L.

### **d. Proses Adsorpsi**

Proses adsorpsi dilakukan dengan metode *Batch*, dimana biomassa kulit singkong diinteraksikan dengan ion logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II). Parameter kinetika dan termodinamika yang digunakan meliputi pengaruh waktu, konsentrasi larutan, temperatur, dan pH optimum dari proses adsorpsi.

#### **1. Pengaruh Variasi Waktu Interaksi**

Sebanyak 50 mg biomassa kulit singkong sebelum dan yang diaktivasi dengan  $\text{HNO}_3$ , masing-masing diinteraksikan dengan 25 mL larutan Pb(II) pada konsentrasi  $100 \text{ mg.L}^{-1}$  dengan cara dikocok menggunakan *shaker*. Waktu interaksi dimulai dari 5, 10, 30, 60, dan 120 menit pada temperatur  $27^\circ\text{C}$ . Kemudian *disentrifius*, filtrat diambil dan dianalisis kadar logam yang tersisa dalam larutan dengan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Perlakuan

yang sama juga diberikan terhadap ion logam Cd(II) dan Cu(II) pada konsentrasi yang sama.

## **2. Pengaruh Variasi Konsentrasi Larutan**

Sebanyak 50 mg biomassa kulit singkong sebelum dan yang diaktivasi dengan HNO<sub>3</sub>, masing-masing diinteraksikan dengan 25 mL larutan Pb(II) pada konsentrasi berbeda: 0, 20, 40, 80, dan 100 mg.L<sup>-1</sup> pada temperatur 27°C dan *dishakker* pada waktu optimum (hasil percobaan 3.3.4.1). Kemudian disentrifius selama 5 menit untuk memisahkan filtrat dan endapan. Larutan yang diperoleh kemudian diukur dengan SSA. Perlakuan yang sama juga diberikan terhadap ion logam Cd(II) dan Cu(II).

## **3. Pengaruh Variasi Temperatur**

50 mg biomassa kulit singkong sebelum dan yang diaktivasi dengan HNO<sub>3</sub>, masing-masing diinteraksikan dengan 25 mL larutan Pb(II) dengan konsentrasi optimum (hasil percobaan 3.3.4.2), kemudian diaduk dengan *shakker* pada waktu interaksi optimum (hasil percobaan 3.3.4.1) pada temperatur sistem yang diatur bervariasi menjadi 37, 47, dan 57°C. Larutan yang diperoleh kemudian diukur dengan SSA. Perlakuan yang sama juga diberikan terhadap ion logam Cd(II) dan Cu(II).

#### **e. Karakterisasi dengan Spektrofotometer Infra Merah**

Karakterisasi dengan Spektrofotometer Infra merah (IR) dilakukan untuk mengetahui gugus-gugus fungsional dari biomassa kulit singkong tanpa aktivasi dan yang teraktivasi. Analisis dengan Spektrofotometer Infra Merah ini dilakukan di Pusat Penelitian Kimia Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Serpong.

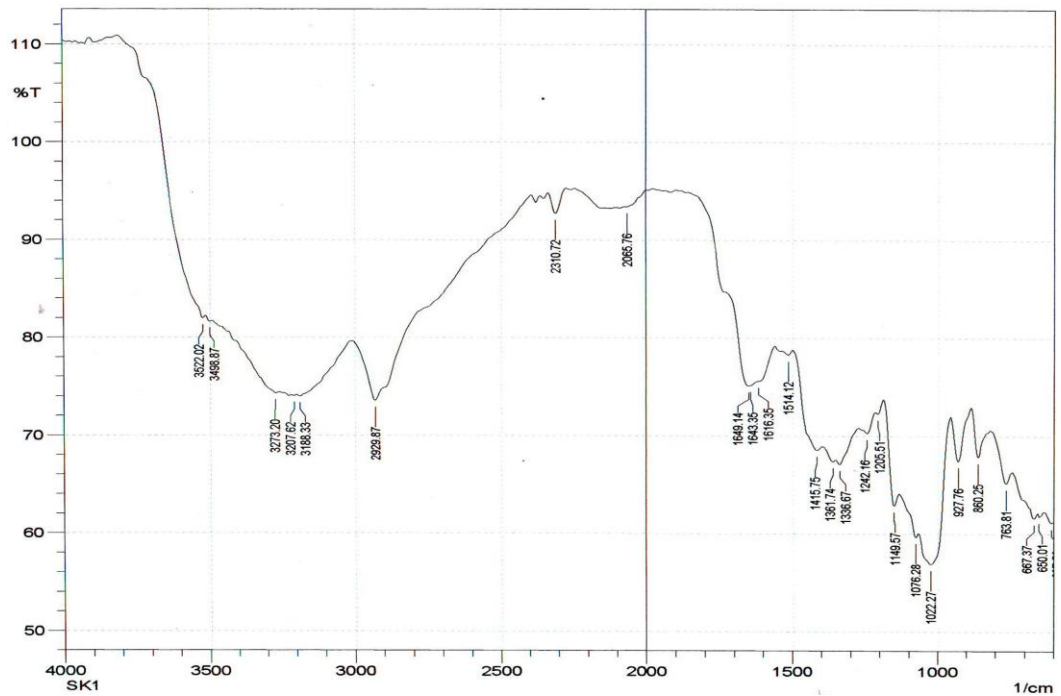
#### **f. Karakterisasi dengan Spektrofotometer Serapan Atom**

Karakterisasi dengan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) dilakukan untuk mengetahui kadar logam yang tersisa dalam larutan hasil interaksi biomassa kulit singkong tanpa aktivasi dan yang teraktivasi dengan ion logam. Analisis dengan Spektrofotometer Serapan Atom ini dilakukan di Laboratorium Instrumentasi Jurusan Kimia FMIPA Universitas Gajah Mada Yogyakarta.

## D. HASIL DAN PEMBAHASAN

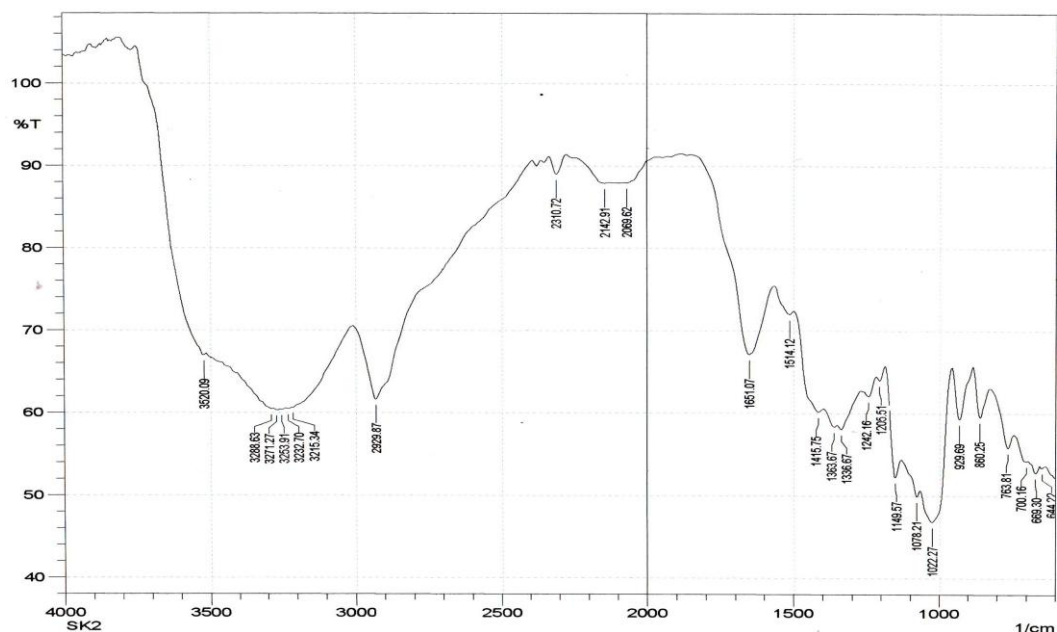
### 1. Identifikasi Gugus Fungsi Adsorben melalui Analisis Spektrum Infra Merah (IR)

Interaksi kimia yang terjadi dalam proses adsorpsi ion logam oleh biomassa melibatkan gugus kimia sebagai situs aktif dari adsorben. Untuk dapat mengidentifikasi masing-masing gugus fungsi, maka semua adsorben dianalisis dengan Spektrofotometer Infra Merah yang hasilnya disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Spektrum Infra Merah biomassa kulit singkong sebelum aktivasi.





Gambar 5. Spektrum Infra Merah biomassa kulit singkong setelah proses aktivasi dengan HNO<sub>3</sub> 0,3 M.

Pada spektrum biomassa kulit singkong (Gambar 4), terlihat adanya beberapa gugus fungsi seperti hidroksil -OH, amina -NH<sub>2</sub>, dan karbonil -C=O. Gugus fungsi hidroksil diwakili oleh puncak serapan pada daerah 3600-3000 cm<sup>-1</sup>, puncak serapan di daerah itu juga menunjukkan adanya gugus fungsi -NH<sub>2</sub>. Adanya gugus fungsi -C=O ditandai dengan adanya puncak yang sempit dan tajam yang berada pada daerah 1600 – 1700 cm<sup>-1</sup>. Pada spektrum biomassa teraktivasi (Gambar 5), beberapa gugus aktif pada biomassa tanpa aktivasi muncul kembali sebagai pita serapan yang lebih tajam. Di daerah sidik jari 900 – 1200 cm<sup>-1</sup> juga terdapat puncak yang lebih lebar yang menunjukkan adanya ikatan C-O dan C-N.

Kulit singkong mempunyai kemampuan mengadsorpsi ion logam yang tinggi karena pada dinding biomassa ini terdapat gugus aktif yang dapat digunakan sebagai ligan yang bertindak sebagai donor elektron. Proses aktivasi biomassa dilakukan bertujuan untuk menghilangkan pengotor yang terdapat pada biomassa kulit singkong seperti protein dan lemak yang dapat mengganggu proses analisis lebih lanjut. Digunakannya  $\text{HNO}_3$  sebagai aktivator karena memiliki sifat pengoksidator kuat yang mampu menangkap elektron bebas. Sehingga biomolekul yang terdapat pada biomassa kulit singkong dapat di buang.

Dari gambar spektrum infra merah yang dihasilkan terlihat bahwa spektrum yang dihasilkan kurang bersih dengan adanya beberapa puncak serapan yang tidak terdefiniskan. Hal ini dimungkinkan karena biomassa yang dianalisa bukan merupakan suatu senyawa murni. Dari hasil tersebut di atas, maka proses aktivasi biomassa kulit singkong telah terjadi.

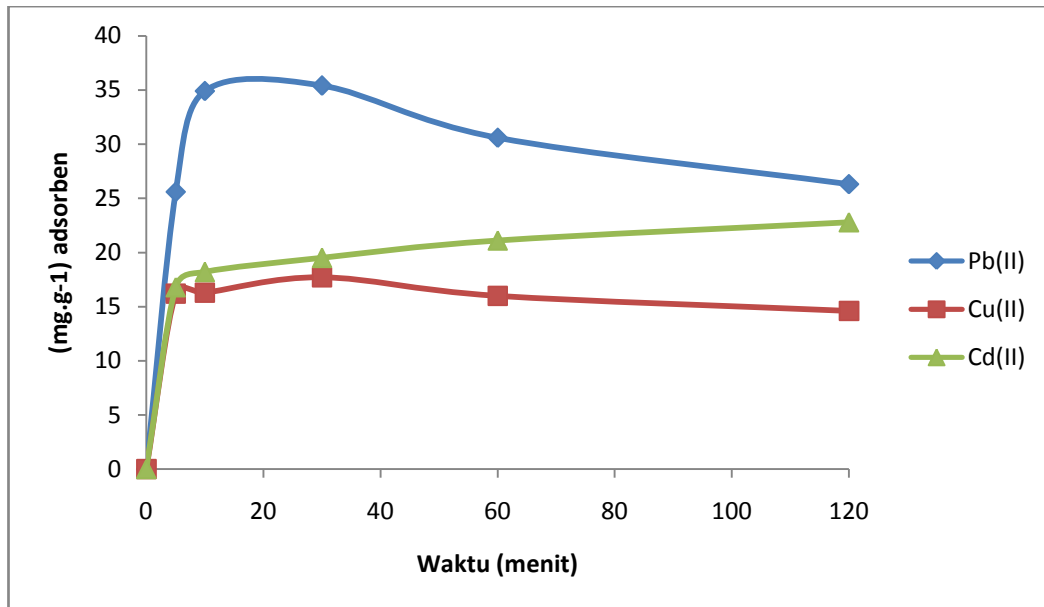
## **2. Penentuan Kemampuan Adsorpsi**

### **a. Pengaruh Waktu terhadap Adsorpsi Ion Logam**

Pengaruh waktu adsorpsi biomassa kulit singkong sebelum dan setelah diaktivasi dengan  $\text{HNO}_3$  0.3 M dilakukan terhadap tiga ion logam yang berbeda yakni ion logam  $\text{Pb(II)}$ ,  $\text{Cu(II)}$ , dan  $\text{Cd(II)}$ .

## 1. Pengaruh Waktu terhadap Adsorpsi Ion Logam Pb(II), Cu(II), dan Cd(II) oleh Biomassa Kulit Singkong

Hasil pengukuran adsorpsi Pb(II), Cu(II), dan Cd(II) pada biomassa kulit singkong disajikan pada Gambar 6 dan Lampiran 1.



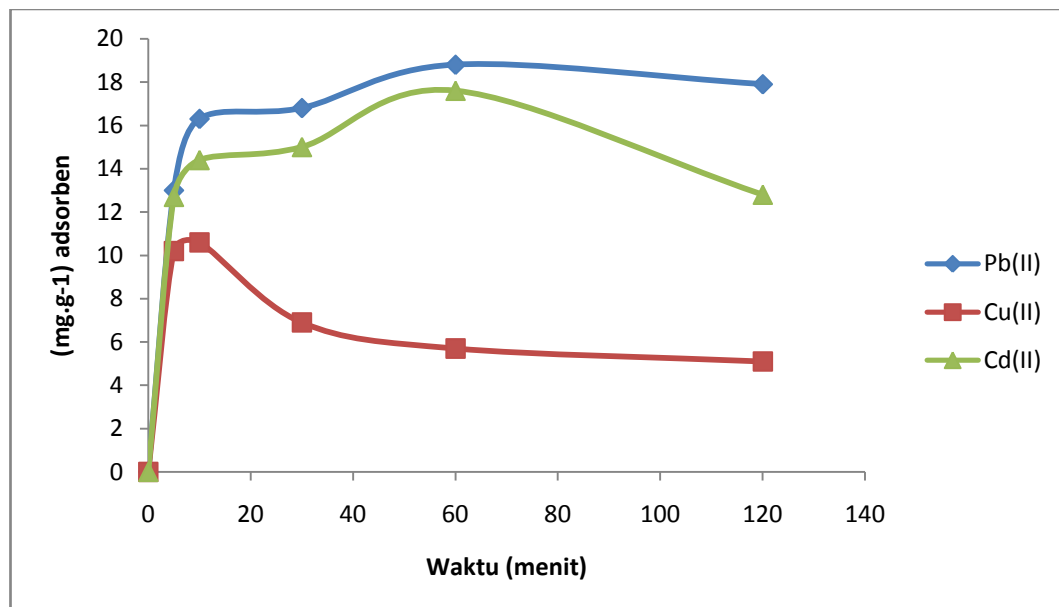
Gambar 6. Laju adsorpsi ion logam Pb(II), Cu(II) dan Cd(II) oleh biomassa kulit singkong pada temperatur 27 °C.

Dari Gambar 6, dapat diamati bahwa waktu interaksi untuk mencapai adsorpsi optimum oleh biomassa kulit singkong adalah pada waktu 30 menit untuk ion logam Pb(II), 30 menit untuk Cu(II), dan 120 menit untuk Cd(II). Dan adsorpsi maksimum ion logam oleh biomassa kulit singkong adalah sebesar 35,41 mg.g<sup>-1</sup> untuk ion logam Pb(II), 17,68 mg.g<sup>-1</sup> Cu(II), dan 22,76 mg.g<sup>-1</sup> Cd(II). Dari data tersebut terlihat bahwa setelah mencapai waktu optimum masing-masing, kemampuan adsorpsi biomassa relatif tidak mengalami peningkatan dengan bertambahnya waktu interaksi. Hal ini dimungkinkan karena adsorben tidak

mampu lagi menyerap ion logam (adsorbat) dan telah tercapainya kesetimbangan adsorpsi ion logam berat oleh biomassa limbah kulit singkong.

## 2. Pengaruh Waktu terhadap Adsorpsi Ion Logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II) oleh Biomassa Kulit Singkong yang diaktivasi dengan HNO<sub>3</sub> 0.3 M

Hasil pengukuran adsorpsi Pb(II), Cu(II), dan Cd(II) pada biomassa kulit singkong teraktivasi disajikan pada Gambar 7 dan Lampiran 2.



Gambar 7. Laju adsorpsi ion logam Pb(II), Cu(II), dan Cd(II) oleh biomassa kulit singkong yang diaktivasi dengan HNO<sub>3</sub> 0,3 M pada temperatur 27 °C.

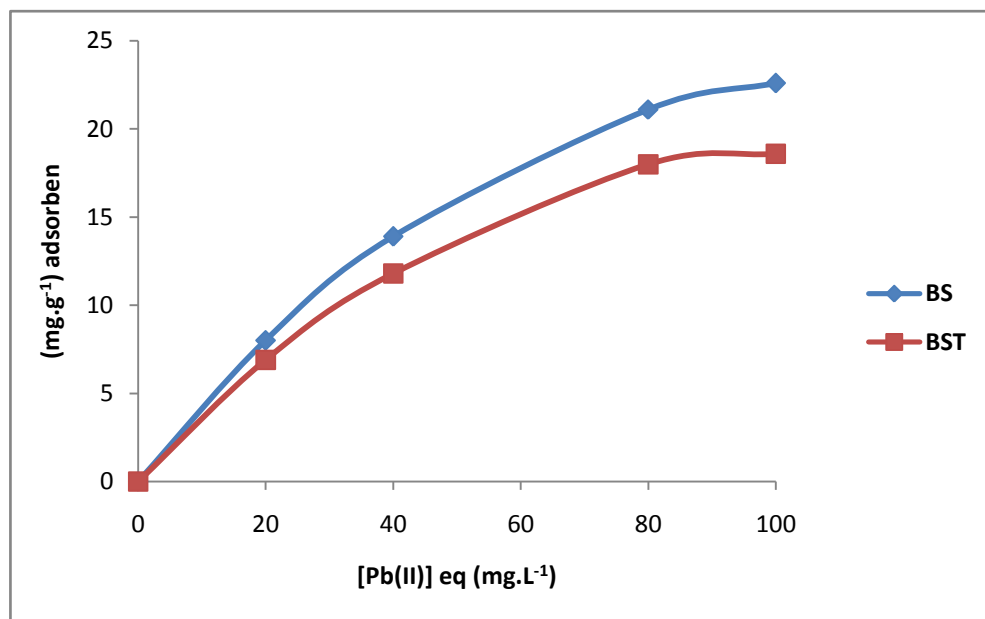
Berdasarkan hasil yang didapat, waktu untuk mencapai adsorpsi optimum oleh biomassa kulit singkong teraktivasi adalah pada waktu 60 menit untuk ion logam Pb(II), 10 menit untuk Cu(II), dan 60 menit untuk Cd(II). Sedangkan adsorpsi maksimum ion logam oleh biomassa kulit singkong teraktivasi adalah sebesar 18,8 mg.g<sup>-1</sup> untuk ion logam Pb(II), 10,6 untuk Cu(II), dan 17,6 untuk Cd(II).

Dari data tersebut , dapat dinyatakan bahwa kemampuan adsorpsi Pb(II), Cu(II) dan Cd(II) relatif tidak meningkat dengan bertambahnya waktu interaksi, apabila adsorpsi sudah maksimum, adsorben tidak mampu lagi untuk menyerap ion logam (adsorbat) dan akan terjadi kesetimbangan (desorpsi).

## 2. Pengaruh Konsentrasi terhadap Adsorpsi Ion Logam

### 1. Pengaruh Konsentrasi terhadap Adsorpsi Ion Logam Pb(II) pada Biomassa Kulit Singkong dan Biomassa Kulit Singkong Teraktivasi

Hasil pengukuran adsorpsi Pb(II) pada biomassa kulit singkong dan biomassa kulit singkong teraktivasi, disajikan pada Gambar 8 serta Lampiran 3 dan 4.

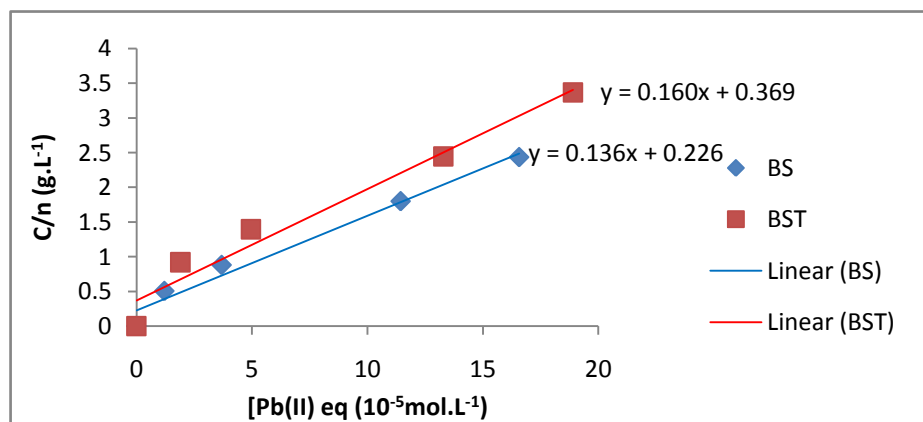


Gambar 8. Pola adsorpsi ion logam Pb(II) pada biomassa kulit singkong (BS) dan biomassa kulit singkong teraktivasi (BST).

Dari Gambar 8 dapat dinyatakan bahwa secara keseluruhan pola adsorpsi ion logam Pb(II) oleh biomassa kulit singkong dan biomassa kulit singkong teraktivasi memberikan bentuk isoterm Langmuir, yang menunjukkan kenaikan konsentrasi diikuti dengan meningkatnya jumlah zat yang teradsorpsi. Semakin tinggi konsentrasi ion logam, maka kemampuan adsorpsi biomassa akan semakin meningkat sampai pada konsentrasi maksimum, dimana telah terjadi kesetimbangan adsorpsi yang diikuti dengan jenuhnya permukaan adsorben.

Langmuir menjelaskan bahwa pada permukaan adsorben terdapat sejumlah situs aktif yang sebanding dengan luas permukaan adsorben. Bila situs aktif yang terdapat pada permukaan dinding sel biomassa telah jenuh oleh ion logam Pb(II), maka penambahan konsentrasi larutan ion logam tidak lagi meningkatkan adsorpsi oleh adsorben tersebut.

Apabila data plot Langmuir yang terdapat pada Gambar 8, dihitung dengan persamaan  $C/n = 1/n_m K + C/n_m$  dan mengalurkannya harga  $C/n$  terhadap  $C$ , maka akan didapat garis lurus. *Slope* dan *intersep* dari masing-masing adsorben, ditunjukkan dalam Gambar 9 dan Lampiran 3 dan 4.



Gambar 9. Hasil plot Langmuir untuk adsorpsi Pb(II) oleh biomassa kulit singkong (BS) dan biomassa kulit singkong teraktivasi (BST).

Nilai kapasitas adsorpsi ( $n_m$ ), konstanta kesetimbangan (K), dan energi adsorpsi dari masing-masing adsorben, disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Langmuir untuk adsorpsi Pb(II) oleh biomassa kulit singkong dan biomassa kulit singkong teraktivasi.

Adsorben	$n_m$		K	E
	mg.g <sup>-1</sup>	10 <sup>-5</sup> mol.g <sup>-1</sup>	5.10 <sup>-5</sup>	kJ.mol <sup>-1</sup>
Biomassa Kulit Singkong	15.22	7.35	1.66	27.08
Biomassa Kulit Singkong Teraktivasi	12.95	6.25	2.31	26.28

Dari data dalam Tabel 1, secara umum kapasitas adsorpsi maksimum ion logam Pb(II) oleh biomassa kulit singkong relatif lebih besar dari pada kapasitas adsorpsi biomassa kulit singkong teraktivasi, tetapi kapasitas tersebut tidak jauh berbeda yaitu ada pada kisaran 12,95 – 15,22 mg.g<sup>-1</sup> adsorben.

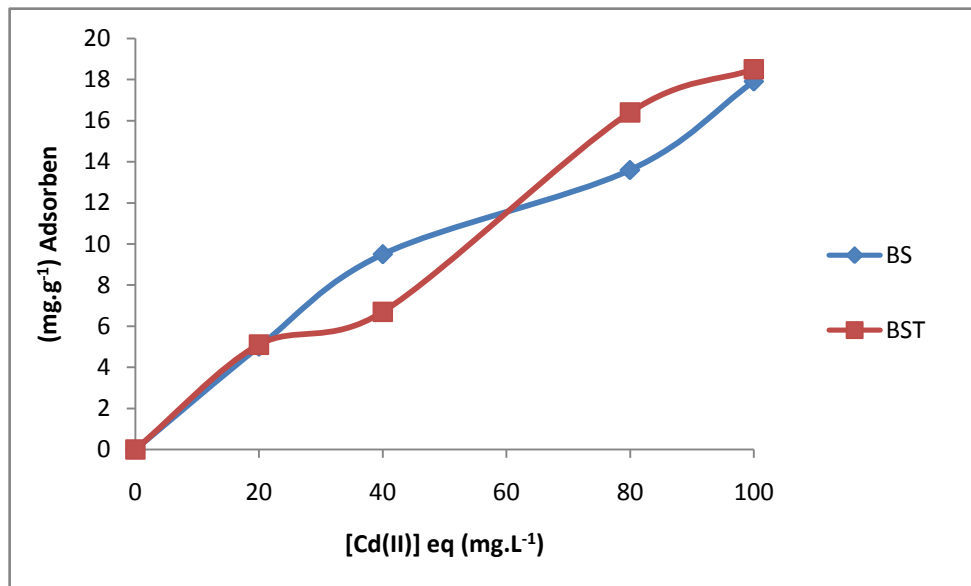
Energi adsorpsi ion logam Pb(II), biomassa sebelum dan setelah diaktivasi memiliki harga yang relatif sama. Menurut Alberty dan Daniels (1987), besarnya energi adsorpsi menyebabkan adsorbat sukar untuk dilepaskan dari permukaan adsorben karena kation atau asam keras membentuk kompleks yang stabil dengan ligan atau basa keras, sedangkan kation atau asam lunak membentuk kompleks yang stabil dengan ligan atau basa lunak sehingga adsorbat sulit untuk dilepaskan (Huheey dan Poole, 1993).

Data dalam Tabel 1 juga menunjukkan bahwa kedua adsorben memiliki kisaran energi adsorpsi antara 26,28 – 27,08 kJ.mol<sup>-1</sup>. Apabila batasan energi adsorpsi yang digunakan mengacu pada pendapat Adamson (1990) yang mengemukakan bahwa batasan minimal energi adsorpsi kimia adalah 20,92 kJ.mol<sup>-1</sup>, maka

interaksi yang terjadi pada proses adsorpsi oleh kedua adsorben terhadap ion logam Pb(II) adalah interaksi kimia yang melibatkan ikatan kovalen koordinasi.

## 2. Pengaruh Konsentrasi terhadap Adsorpsi Ion Logam Cd(II) pada Biomassa Kulit Singkong dan Biomassa Kulit Singkong Teraktivasi

Hasil pengukuran adsorpsi Cd(II) pada biomassa kulit singkong dan biomassa kulit singkong teraktivasi, disajikan pada Gambar 10 serta Lampiran 3 dan 4.



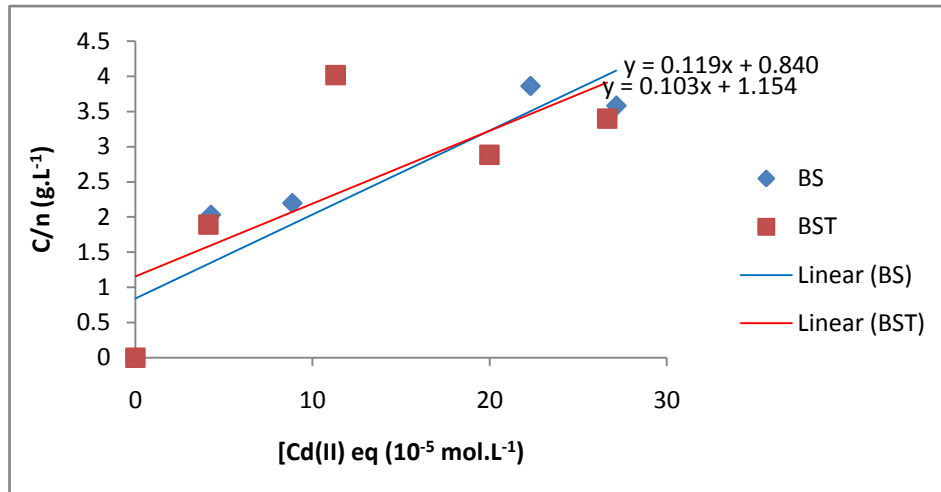
Gambar 10. Pola adsorpsi ion logam Cd(II) pada biomassa kulit singkong (BS) dan biomassa kulit singkong teraktivasi (BST).

Pengaruh konsentrasi Cd(II) terhadap adsorpsi biomassa kulit singkong dan biomassa kulit singkong teraktivasi, dari Gambar 10 terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi, maka kemampuan adsorpsi keduanya semakin tinggi pula. Dapat dinyatakan bahwa secara keseluruhan pola adsorpsi ion logam Cd(II) oleh biomassa kulit singkong dan biomassa kulit singkong teraktivasi memberikan



bentuk isoterm Langmuir, yang menunjukkan kenaikan konsentrasi diikuti dengan meningkatnya jumlah zat yang teradsorpsi.

Plot langmuir ion logam Cd(II) disajikan dalam Gambar 11 dan Lampiran 3 dan 4.



Gambar 11. Hasil plot Langmuir untuk adsorpsi Cd(II) oleh biomassa kulit singkong (BS) dan biomassa kulit singkong teraktivasi (BST).

Nilai kapasitas, konstanta, dan energi adsorpsi dari masing-masing adsorben disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Langmuir untuk adsorpsi ion logam Cd(II) oleh biomassa kulit singkong dan biomassa kulit singkong teraktivasi.

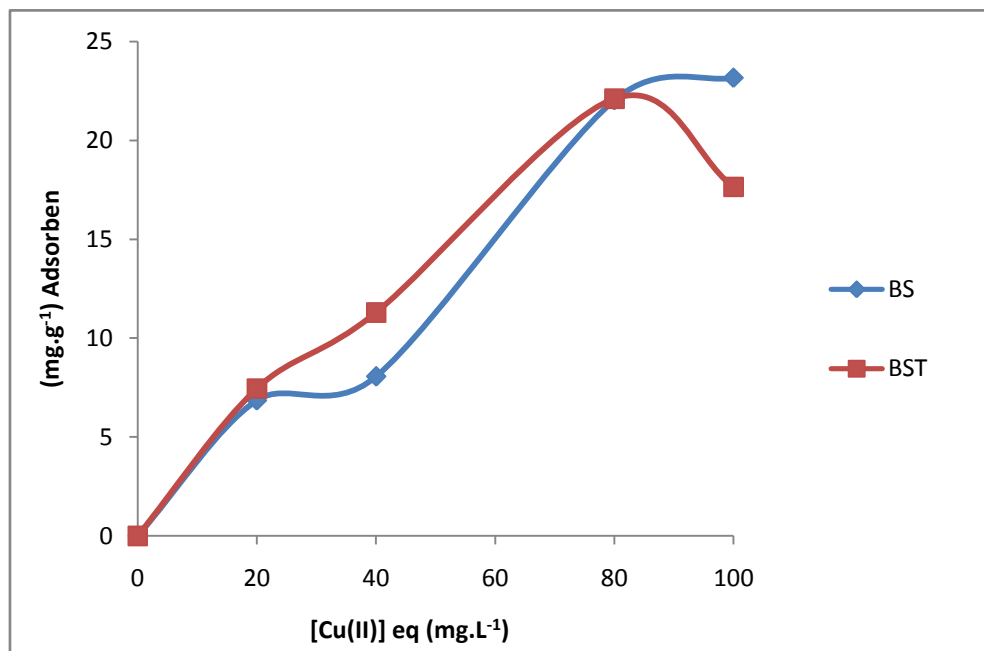
Adsorben	$n_m$		K	E
	$\text{mg.g}^{-1}$	$10^{-5} \text{ mol.g}^{-1}$		
Biomassa Kulit Singkong	9.44	8.4	$7.06 \cdot 10^{-5}$	23.52
Biomassa Kulit Singkong Teraktivasi	10.9	9.7	11.2	22.39

Dari data dalam Tabel 2, secara umum kapasitas adsorpsi maksimum ion logam Cd(II) oleh biomassa kulit singkong relatif lebih kecil daripada kapasitas adsorpsi biomassa kulit singkong teraktivasi, tetapi kapasitas tersebut tidak jauh berbeda

yaitu ada pada kisaran  $9,44 - 10,90 \text{ mg.g}^{-1}$  adsorben. Data dalam Tabel 2 juga menunjukkan bahwa kedua adsorben memiliki kisaran energi adsorpsi antara  $22,39 - 23,52 \text{ kJ.mol}^{-1}$ . Apabila batasan energi adsorpsi yang digunakan mengacu pada pendapat Adamson (1990), yang mengemukakan bahwa batas minimal energi adsorpsi kimia adalah  $20,92 \text{ kJ.mol}^{-1}$ , maka proses adsorpsi pada adsorben terhadap ion logam Cd(II) adalah interaksi kimia.

### 3. Pengaruh Konsentrasi terhadap Adsorpsi Ion Logam Cu(II) pada Biomassa Kulit Singkong dan Biomassa Kulit Singkong Teraktivasi

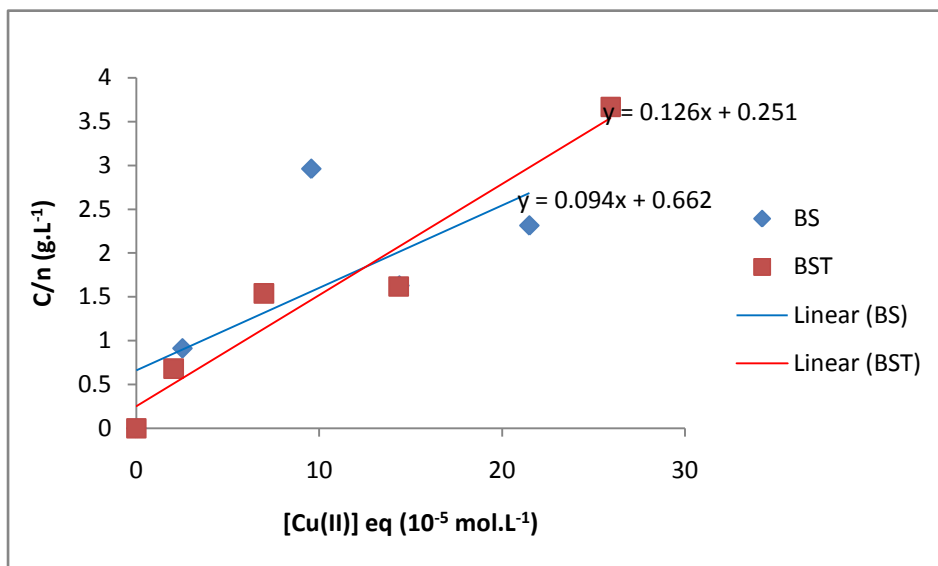
Hasil pengukuran adsorpsi Cu(II) pada biomassa kulit singkong dan biomassa kulit singkong teraktivasi, disajikan pada Gambar 12 serta Lampiran 3 dan 4.



Gambar 12. Pola adsorpsi ion logam Cu(II) pada biomassa kulit singkong (BS) dan biomassa kulit singkong teraktivasi (BST).

Pengaruh konsentrasi Cu(II) terhadap adsorpsi biomassa kulit singkong dan biomassa kulit singkong teraktivasi dari Gambar 12 terlihat bahwa adsorpsi meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi dan ketika mencapai konsentrasi optimum, adsorpsi tidak akan mengalami perubahan yang berarti lagi. Terlihat biomassa kulit singkong teraktivasi mencapai konsentrasi optimum pada  $80 \text{ mg.L}^{-1}$ , sedangkan pada biomassa tanpa aktivasi mencapai konsentrasi maksimum pada  $100 \text{ mg.L}^{-1}$  sehingga dibutuhkan konsentrasi yang lebih tinggi lagi untuk mencapai optimum.

Dari plot Langmuir yang terdapat pada Gambar 12, maka diperoleh *slope* dan *intersep* dalam Gambar 13 dan Lampiran 3 dan 4.



Gambar 13. Hasil plot Langmuir untuk adsorpsi Cu(II) oleh biomassa kulit singkong (BS) dan biomassa kulit singkong teraktivasi (BST).

Nilai kapasitas, konstanta, dan energi adsorpsi dari masing-masing adsorben disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter Langmuir untuk adsorpsi ion logam Cu(II) oleh biomassa kulit singkong dan biomassa kulit singkong teraktivasi.

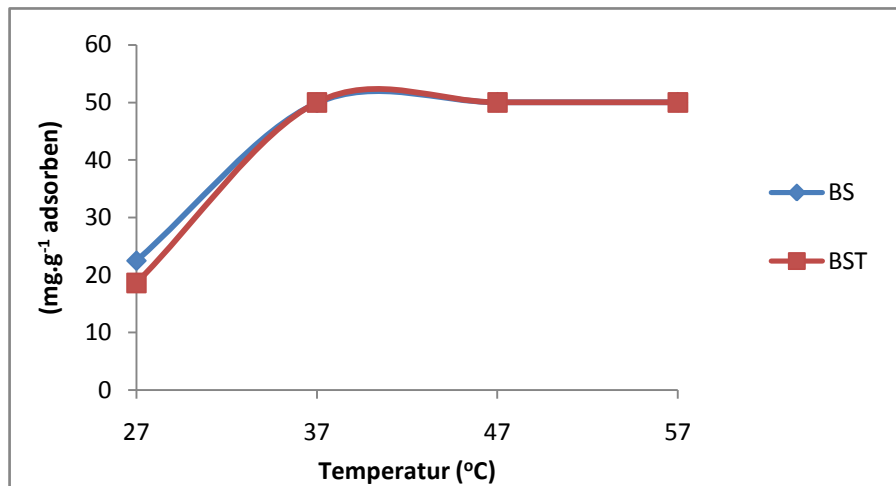
Adsorben	$n_m$		K	E
	mg.g <sup>-1</sup>	10 <sup>-5</sup> mol.g <sup>-1</sup>		
Biomassa Kulit Singkong	6.75	10.63	7.04	23.53
Biomassa Kulit Singkong Teraktivasi	5.04	7.93	1.99	26.64

Dari data dalam Tabel 3, kapasitas adsorpsi maksimum ion logam Cu(II) oleh biomassa teraktivasi lebih kecil dari pada kapasitas adsorpsi biomassa tanpa aktivasi, tetapi kapasitas tersebut tidak jauh berbeda yaitu ada pada kisaran 5.04 – 6.75 mg.g<sup>-1</sup> adsorben. Dan teramati juga bahwa energi adsorpsi berada pada kisaran 23.53 – 26.64 kJ.mol<sup>-1</sup>. Interaksi yang terjadi antara ion logam dan biomassa dapat disebabkan karena adanya situs-situs aktif yang berasal dari dinding sel biomassa.

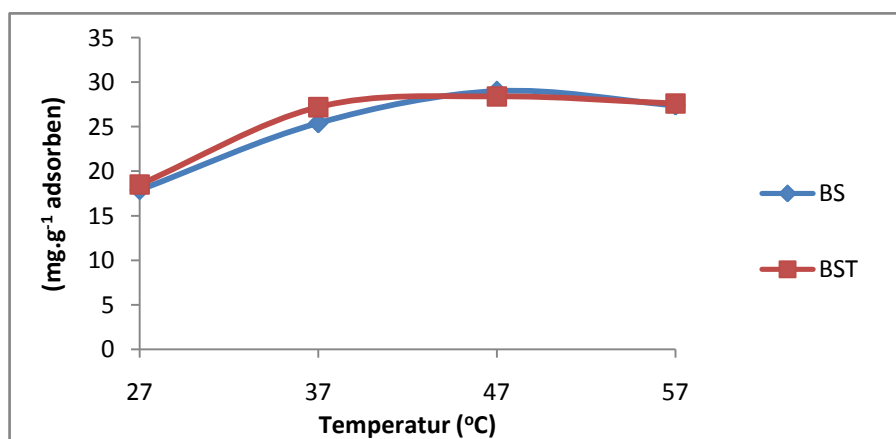
Secara umum kapasitas adsorpsi maksimum dan energi adsorpsi ion logam Pb(II) ~ Cu(II) > Cd(II). Ditinjau dari konsep *Hard Soft Acid Base* (HSAB) yang dikemukakan oleh Pearson (Huheey *et al.*, 1993). Secara teoritis asam keras akan berinteraksi relatif kuat dengan basa keras sedangkan asam lunak akan berinteraksi relatif kuat dengan basa lunak, dari urutan keasaman dan kebasaannya, kation Pb<sup>2+</sup> dan Cu<sup>2+</sup> bersifat asam madya (*borderline*) dan kation Cd<sup>2+</sup> bersifat asam lunak (*soft acid*). Adanya gugus fungsi –NH<sub>2</sub>, –OH, dan –C=O pada permukaan biomassa yang bersifat sebagai basa keras, menyebabkan interaksi yang lebih kuat terhadap ion Pb<sup>2+</sup> dan Cu<sup>2+</sup> dibandingkan dengan ion Cd<sup>2+</sup>.

### c. Pengaruh Temperatur terhadap Adsorpsi Ion Logam

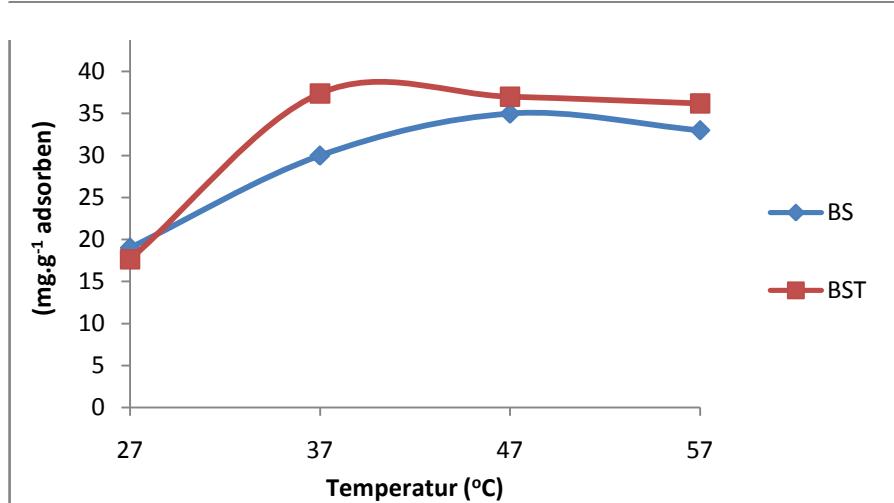
Hasil pengukuran adsorpsi ion logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II) oleh biomassa kulit singkong sebelum dan setelah diaktivasi pada temperatur 27, 37, 47, dan 57°C disajikan pada Gambar 14, 15, dan 16 (Lampiran 5 dan 6).



Gambar 14. Pola adsorpsi ion logam Pb(II) oleh biomassa kulit singkong (BS) dan biomassa kulit singkong teraktivasi (BST) pada temperatur 27, 37, 47, dan 57  $^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 15. Pola adsorpsi ion logam Cd(II) oleh biomassa kulit singkong (BS) dan biomassa kulit singkong teraktivasi (BST) pada temperatur 27, 37, 47, dan 57  $^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 16. Pola adsorpsi ion logam Cu(II) oleh biomassa kulit singkong (BS) dan biomassa kulit singkong teraktivasi (BST) pada temperatur 27, 37, 47, dan 57 °C.

Pada Gambar 14, 15, dan 16, pola adsorpsi ion logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II) oleh biomassa kulit singkong sebelum dan setelah diaktivasi dilakukan pada waktu dan konsentrasi optimum dari masing-masing adsorben.

Dari Gambar 14, terlihat bahwa adsorpsi ion logam Pb(II) oleh biomassa mencapai adsorpsi maksimum pada temperatur 37 °C dengan nilai adsorpsi sebesar 50 mg.g<sup>-1</sup> adsorben. Terlihat bahwa adsorpsi meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur dan ketika mencapai temperatur optimum, adsorpsi tidak akan mengalami perubahan yang berarti lagi.

Dari Gambar 15 terlihat bahwa kemampuan adsorpsi ion logam Cd(II) oleh biomassa kulit singkong tanpa dan yang teraktivasi sama-sama mengalami kenaikan dengan kenaikan temperatur dan mencapai adsorpsi maksimum pada temperatur 47 °C dan kemudian cenderung mengalami penurunan pada temperatur

yang lebih tinggi. Kenaikan kemampuan adsorpsi sampai pada temperatur 47 °C ini berjalan sesuai dengan reaksi kimia lainnya yang dipengaruhi oleh temperatur di mana semakin tinggi temperatur maka reaksi akan berjalan semakin baik. Namun pada temperatur yang lebih tinggi terjadi semacam pengurangan kapasitas adsorpsi dari biomassa, hal ini dimungkinkan pada temperatur yang tinggi biomassa mulai mengalami kerusakan sehingga mulai terjadi proses desorpsi atau pelepasan kembali ion logam dari situs aktif biomassa.

Pada Gambar 16, adsorpsi optimum ion logam Cu(II) oleh biomassa kulit singkong yaitu pada suhu 47 °C dan berbeda dengan biomassa kulit singkong yang teraktivasi yaitu pada suhu 37 °C. Hal ini terjadi dikarenakan adanya proses aktivasi dari biomassa yang bertujuan untuk menghilangkan pengotor yang terdapat pada biomassa kulit singkong seperti protein dan lemak yang dapat mengganggu adsorpsi ion logam. Terlihat juga bahwa pada temperatur yang lebih tinggi terjadi semacam pengurangan adsorpsi dari biomassa, hal ini dimungkinkan pada temperatur yang tinggi biomassa mulai mengalami kerusakan sehingga mulai terjadi proses desorpsi atau pelepasan kembali ion logam dari situs aktif biomassa.

## E. SIMPULAN DAN SARAN

### 1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Pengaruh variasi waktu terhadap adsorpsi ion logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II) oleh biomassa kulit singkong (*Manihot esculenta Crantz*) adalah pada waktu 30 menit untuk ion logam Pb(II), 30 menit untuk Cu(II), dan 120 menit untuk Cd(II) dan biomassa kulit singkong teraktivasi adalah pada waktu 60 menit untuk ion logam Pb(II), 10 menit untuk Cu(II), dan 60 menit untuk Cd(II).
2. Energi adsorpsi biomassa kulit singkong terhadap ion logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II) masing-masing adalah  $27,08 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,  $23,52 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  dan  $23,53 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ , interaksi yang terjadi merupakan interaksi kimia yang melibatkan ikatan kovalen koordinasi.
3. Energi adsorpsi biomassa kulit singkong teraktivasi terhadap ion logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II) masing-masing adalah  $26,28 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,  $22,39 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  dan  $26,64 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ , interaksi yang terjadi merupakan interaksi kimia yang melibatkan ikatan kovalen koordinasi.



4. Kapasitas adsorpsi biomassa kulit singkong terhadap ion logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II) masing-masing adalah  $15,22 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ,  $9,44 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ , dan  $6,75 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$  adsorben.
5. Kapasitas adsorpsi biomassa kulit singkong teraktivasi terhadap ion logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II) masing-masing adalah  $12,95 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ,  $10,90 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ , dan  $5,04 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$  adsorben.
6. Dari hasil spektrum infra merah diidentifikasi gugus fungsi pada biomassa kulit singkong sebelum dan setelah diaktivasi, didominasi oleh gugus -OH, -NH<sub>2</sub>, dan -C=O.

## 2. Saran

Untuk mengembangkan penelitian ini dikemukakan beberapa saran yaitu:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai mekanisme proses adsorpsi ion logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II) oleh biomassa kulit singkong (*Manihot esculenta Crantz*).
2. Perlu dilakukan modifikasi biomassa kulit singkong (*Manihot esculenta Crantz*) untuk meningkatkan adsorpsi terhadap logam berat di perairan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abia, A. A., Horsfall, M. Jnr., and Didi, O. 2002. *Studi on the Use of Agricultural by-product for the Removal of Trace Metals from Aqueous Solution*. J. Appl. Sci Environ. Mgt 6: 89-95.
- Abia, A. A, Horsfall, M. Jnr, Didi, O. 2003. *The use of chemically modified and unmodified cassava waste for the removal of Cd, Cu and Zn ions from aqueous solution*. Bioreource Technol (in press).
- Adamson, A. W. 1990. *Physical Chemistry of Surface*, 5<sup>th</sup> ed. John Wiley and Sons. New York.
- Anonim. 2009. *Asam Nitrat*. Diakses tanggal 30 Agustus 2009 Pukul 08.30 WIB. ([http://www.id.wikipedia.org/wiki/asam\\_nitrat](http://www.id.wikipedia.org/wiki/asam_nitrat)).
- Anonim. 2009. *Singkong*. Diakses tanggal 12 April 2009 Pukul 13.30 WIB. (<http://www.id.wikipedia.org/wiki/singkong>).
- Atkins, P. W. 1997. *Kimia Fisik*. Alih Bahasa oleh Irma I. Karto Hadiprojo. Erlangga. Jakarta.
- Cotton, F.A and Wilkinson,G. 1989. *Basic Inorganic Chemistry*. Jhon Wiley and Sons Inc. New York.
- Cereda, M. P, Mattos, M. C. Y. 1996. *Linamarin: The toxic compound of cassava..* J. Venom. Anim. Toxins 2: 6 –12.
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Mahluk Hidup*. UI Press. Jakarta.
- Gardea-Torresdey, J. L., Tiemann, K. J., Gonzales, J. H., Henning, J. A., and Townsend, M. S. 1996. *Ability of silica-immobilized Medicago sativa (Alfafa) to remove copper ions from solution*. J. Hazard Mater. 57. Hal 29-39.
- Gladd, G.M. and White, C. 1993. *The Journal of Microbial Threatment of Metal Pollution a Working Biotechnology*. Tibtech. 11535-359.

Horsfall, M. Jnr. Abia, A. A, and Spiff, A. I. 2003. *Removal of Cu (II) and Zn (II) ions from waste water by cassava (Manihot esculenta Crantz) waste biomass*. Afri J. Biotechnol. Vol. 2 (10), hal. 360-364.

Kleinfelter, Wood. 1995. *Kimia Untuk Universitas*. Edisi Keenam. Alih Bahasa oleh A.Hadyana Pudjaatmaka. Erlangga. Jakarta. Hal. 512-543.

Onabolu, A. O. 1989. *Cassava Utilization and Nutrition*. Proceedings of cassava held at the University of Nigeria Nsukka, 10 –13 April, 1988. Dotam publication limited. pp. 90 –95.

Oscik, J. 1982. *Adsorption*. John Willey and Sons. New York.

Palar.H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta. Jakarta.

Suhendaryatna. 2005. *Bioremoval Logam Berat dengan Menggunakan Mikroorganisme: Suatu kajian Kepustakaan*. Diakses tanggal 30 Agustus 2006 Pukul 18.30 WIB ([http://www.google.com/biosorpsi\\_logam\\_berat](http://www.google.com/biosorpsi_logam_berat)).

Vogel. 1990. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Kalman Media Pustaka. Jakarta.

## **LAMPIRAN**

Lampiran 1. Adsorpsi 25 mL ion logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II) oleh 50 mg biomassa kulit singkong (*Manihot esculenta Crantz*) pada temperatur 27 °C dengan variasi waktu 0, 5, 10, 30, 60, dan 120 menit.

Tabel 4. Adsorpsi ion logam Pb(II) oleh biomassa kulit singkong

No.	t (menit)	[Pb(II)] eq mg.L <sup>-1</sup>	Adsorpsi (n) mg.g <sup>-1</sup> adsorben
1	0	0	0
2	5	51.1	25.55
3	10	69.72	34.86
4	30	70.82	35.41
5	60	61.15	30.58
6	120	52.64	26.32

Tabel 5. Adsorpsi ion logam Cd(II) oleh biomassa kulit singkong

No.	t (menit)	[Cd(II)] eq mg.L <sup>-1</sup>	Adsorpsi (n) mg.g <sup>-1</sup> adsorben
1	0	0	0
2	5	33.67	16.83
3	10	36.46	18.23
4	30	39.06	19.53
5	60	42.14	21.07
6	120	45.52	22.76

Tabel 6. Adsorpsi ion logam Cu(II) oleh biomassa kulit singkong

No.	t (menit)	[Cu(II)] eq mg.L <sup>-1</sup>	Adsorpsi (n) mg.g <sup>-1</sup> adsorben
1	0	0	0
2	5	32.39	16.19
3	10	32.52	16.26
4	30	35.36	17.68
5	60	31.96	15.98
6	120	29.28	14.64

Lampiran 2. Adsorpsi 25 mL ion logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II) oleh 50 mg biomassa kulit singkong (*Manihot esculenta Crantz*) yang diaktivasi dengan HNO<sub>3</sub> 0,3 M pada temperatur 27 °C dengan variasi waktu 0, 5, 10, 30, 60, dan 120 menit.

Tabel 7. Adsorpsi ion logam Pb(II) oleh biomassa kulit singkong teraktivasi

No.	t (menit)	[Pb(II)] eq mg.L <sup>-1</sup>	Adsorpsi (n) mg.g <sup>-1</sup> adsorben
1	0	0	0
2	5	25.92	12.96
3	10	32.52	16.26
4	30	33.58	16.79
5	60	37.53	18.76
6	120	35.78	17.89

Tabel 8. Adsorpsi ion logam Cd(II) oleh biomassa kulit singkong teraktivasi

No.	t (menit)	[Cd(II)] eq mg.L <sup>-1</sup>	Adsorpsi (n) mg.g <sup>-1</sup> adsorben
1	0	0	0
2	5	25.42	12.71
3	10	28.80	14.40
4	30	29.95	14.98
5	60	35.17	17.58
6	120	25.62	12.81

Tabel 9. Adsorpsi ion logam Cu(II) oleh biomassa kulit singkong teraktivasi

No.	t (menit)	[Cu(II)] eq mg.L <sup>-1</sup>	Adsorpsi (n) mg.g <sup>-1</sup> adsorben
1	0	0	0
2	5	11.39	5.69
3	10	21.13	10.57
4	30	20.40	10.20
5	60	13.71	6.85
6	120	10.18	5.09

Lampiran 3. Adsorpsi 25 mL ion logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II) oleh 50 mg biomassa kulit singkong (*Manihot esculenta Crantz*) pada temperatur 27 °C dengan variasi konsentrasi 0, 20, 40, 80, dan 100 mg.L<sup>-1</sup>.

Tabel 10. Adsorpsi ion logam Pb(II) oleh biomassa kulit singkong

No	[Pb(II)] awal	[Pb(II)] eq (C)		Ads (n)			C/n
	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	10 <sup>-5</sup> mol.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.g <sup>-1</sup>	10 <sup>-5</sup> mol.g <sup>-1</sup>	
1	0	0	0	0	0	0	0
2	20	4.03	1.21	15.96	7.98	2.41	0.50
3	40	12.22	3.69	27.77	13.88	4.19	0.87
4	80	37.88	11.44	42.11	21.05	6.35	1.79
5	100	54.89	16.57	45.10	22.55	6.80	2.43

Tabel 11. Adsorpsi ion logam Cd(II) oleh biomassa kulit singkong

No	[Cd(II)] awal	[Cd(II)] eq (C)		Ads (n)			C/n
	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	10 <sup>-5</sup> mol.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.g <sup>-1</sup>	10 <sup>-5</sup> mol.g <sup>-1</sup>	
1	0	0	0	0	0	0	0
2	20	10.078	4.26	9.92	4.96	2.09	2.03
3	40	20.942	8.85	19.05	9.52	4.03	2.19
4	80	52.709	22.30	27.29	13.64	5.77	3.86
5	100	64.176	27.15	35.82	17.91	7.57	3.58

Tabel 12. Adsorpsi ion logam Cu(II) oleh biomassa kulit singkong

No	[Cu(II)] awal	[Cu(II)] eq (C)		Ads (n)			C/n
	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	10 <sup>-5</sup> mol.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.g <sup>-1</sup>	10 <sup>-5</sup> mol.g <sup>-1</sup>	
1	0	0	0	0	0	0	0
2	20	6.29	2.52	13.78	6.89	2.76	0.91
3	40	23.88	9.57	16.11	8.05	3.22	2.96
4	80	35.92	14.39	44.07	22.03	8.83	1.62
5	100	53.65	21.50	46.34	23.17	9.28	2.31

Lampiran 4. Adsorpsi 25 mL ion logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II) oleh 50 mg biomassa kulit singkong (*Manihot esculenta Crantz*) yang diaktivasi dengan HNO<sub>3</sub> 0,3 M pada temperatur 27 °C dengan variasi konsentrasi 0, 20, 40, 80, dan 100 mg.L<sup>-1</sup>.

Tabel 13. Adsorpsi ion logam Pb(II) oleh biomassa kulit singkong teraktivasi

No	[Pb(II)] awal	[Pb(II)] eq (C)		Ads (n)			C/n
	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	10 <sup>-5</sup> mol.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.g <sup>-1</sup>	10 <sup>-5</sup> mol.g <sup>-1</sup>	
1	0	0	0	0	0	0	0
2	20	6.30	1.90	13.70	6.85	2.06	0.91
3	40	16.433	4.96	23.56	11.78	3.55	1.39
4	80	44.007	13.29	35.99	17.99	5.05	2.44
5	100	62.725	18.94	37.27	18.63	5.62	3.36

Tabel 14. Adsorpsi ion logam Cd(II) oleh biomassa kulit singkong teraktivasi

No	[Cd(II)] awal	[Cd(II)] eq (C)		Ads (n)			C/n
	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	10 <sup>-5</sup> mol.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.g <sup>-1</sup>	10 <sup>-5</sup> mol.g <sup>-1</sup>	
1	0	0	0	0	0	0	0
2	20	9.72	4.11	10.27	5.13	2.17	1.89
3	40	26.70	11.30	13.29	6.64	2.81	4.01
4	80	47.24	19.98	32.75	16.37	6.92	2.88
5	100	62.96	26.63	37.03	18.51	7.00	3.40

Tabel 15. Adsorpsi ion logam Cu(II) oleh biomassa kulit singkong teraktivasi

No	[Cu(II)] awal	[Cu(II)] eq (C)		Ads (n)			C/n
	mg.L <sup>-1</sup>	g.L <sup>-1</sup>	10 <sup>-5</sup> mol.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.g <sup>-1</sup>	10 <sup>-5</sup> mol.g <sup>-1</sup>	
1	0	0	0	0	0	0	0
2	20	5.078	2.03	14.92	7.46	2.98	0.68
3	40	17.394	6.97	22.60	11.30	4.52	1.53
4	80	35.779	14.34	44.22	22.11	8.86	1.61
5	100	64.702	25.93	35.29	17.64	7.07	3.66



Lampiran 5. Adsorpsi 25 mL ion logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II) oleh 50 mg biomassa kulit singkong (*Manihot esculenta Crantz*) pada waktu dan konsentrasi optimum dengan variasi temperatur 27, 37, 47, dan 57 °C.

Tabel 15. Adsorpsi ion logam Pb(II) oleh biomassa kulit singkong

No	Temperatur (°C)	[Pb(II)] awal	[Pb(II)] eq mg.L <sup>-1</sup>	Adsorpsi (n) mg.g <sup>-1</sup> Adsorben
1	27	100	45.00	22.50
2	37	100	99.78	49.89
3	47	100	100.00	50.00
4	57	100	100.00	50.00

Tabel 16. Adsorpsi ion logam Cd(II) oleh biomassa kulit singkong

No	Temperatur (°C)	[Cd(II)] awal	[Cd(II)] eq mg.L <sup>-1</sup>	Adsorpsi (n) mg.g <sup>-1</sup> Adsorben
1	27	100	35.8	17.9
2	37	100	50.8	25.4
3	47	100	58.0	29.0
4	57	100	54.8	27.4

Tabel 17. Adsorpsi ion logam Cu(II) oleh biomassa kulit singkong

No	Temperatur (°C)	[Cu(II)] awal	[Cu(II)] eq mg.L <sup>-1</sup>	Adsorpsi (n) mg.g <sup>-1</sup> Adsorben
1	27	80	22.291	11.38
2	37	80	27.595	13.80
3	47	80	34.323	17.20
4	57	80	30.399	15.20

Lampiran 6. Adsorpsi 25 mL ion logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II) oleh 50 mg biomassa kulit singkong (*Manihot esculenta Crantz*) yang diaktivasi dengan HNO<sub>3</sub> 0,3 M pada waktu dan konsentrasi optimum dengan variasi temperatur 27, 37, 47, dan 57 °C.

Tabel 18. Adsorpsi ion logam Pb(II) oleh biomassa kulit singkong teraktivasi

No	Temperatur (°C)	[Pb(II)] awal	[Pb(II)] eq mg.L <sup>-1</sup>	Adsorpsi (n) mg.g <sup>-1</sup> Adsorben
1	27	100	37.26	18.63
2	37	100	100.00	50.00
3	47	100	100.00	50.00
4	57	100	100.00	50.00

Tabel 19. Adsorpsi ion logam Cd(II) oleh biomassa kulit singkong teraktivasi

No	Temperatur (°C)	[Cd(II)] awal	[Cd(II)] eq mg.L <sup>-1</sup>	Adsorpsi (n) mg.g <sup>-1</sup> Adsorben
1	27	100	37.0	18.5
2	37	100	54.4	27.2
3	47	100	56.8	28.4
4	57	100	55.2	27.6

Tabel 20. Adsorpsi ion logam Cu(II) oleh biomassa kulit singkong teraktivasi

No	Temperatur (°C)	[Cu(II)] awal	[Cu(II)] eq mg.L <sup>-1</sup>	Adsorpsi (n) mg.g <sup>-1</sup> Adsorben
1	27	100	34.325	17.65
2	37	100	18.698	37.4
3	47	100	18.000	37.0
4	57	100	18.092	36.2