

**ADSORPSI ION  $\text{Cd}^{2+}$  DAN  $\text{Cr}^{6+}$  PADA LIMBAH CAIR  
MENGUNAKAN KULIT SINGKONG**

**HASRIANTI**



**PROGRAM PASCA SARJANA**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2012**

**ADSORPSI ION Cd<sup>2+</sup> DAN Cr<sup>6+</sup> PADA LIMBAH CAIR  
MENGUNAKAN KULIT SINGKONG**

Disusun & diajukan oleh

**HASRIANTI**

Nomor Pokok: P0302210002

**Menyetujui,  
Komisi Penasehat**

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. M. Sjahrul, M.Agr  
Ketua

\_\_\_\_\_  
Dr. Paulina Taba, M.Phil  
Anggota

**Mengetahui,  
Ketua Program Studi  
PLH PPS-UNHAS**

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Ir. Ngakan Putu Oka, M.Sc

## PRAKATA

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas berkat rahmat-Nya jualah sehingga tesis ini dapat diselesaikan.

Gagasan yang melatari tajuk permasalahan ini timbul dari hasil pengamatan penulis terhadap timbulnya berbagai jenis pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh aktivitas manusia dan industri, dalam kegiatan tersebut menghasilkan limbah yang perlu dilakukan pengolahan agar tidak mencemari lingkungan. Penulis bermaksud menyumbangkan sebuah konsep untuk pengolahan limbah cair industri yang mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3) khususnya logam berat dengan menggunakan limbah padat dari industri lain yaitu limbah kulit singkong dari industri tapioka. Banyak kendala yang dihadapi oleh penulis dalam rangka penyusunan tesis penelitian ini, yang hanya berkat bantuan berbagai pihak, maka tesis penelitian ini selesai pada waktunya.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ayahanda Baco Dg. Ngempo dan Ibunda tercinta Jumaliah yang telah melahirkan, mengasuh dan membesarkanku dengan penuh pengorbanan serta selalu memotivasi penulis untuk senantiasa berkarya dan beribadah. Salam hormat dan maafku bila ananda belum mampu memberikan yang terbaik.
2. Prof. Dr. M. Sjahrul, M. Agr sebagai Ketua Komisi Penasihat dan Dr. Paulina Taba, M. Phil sebagai Anggota Komisi Penasehat terima kasih atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan mulai dari pengembangan minat terhadap penulisan tesis penelitian ini.
3. Seluruh Staf pengajar dan pegawai akademik Program Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin Makassar.
4. Para keluarga, dan adik-adikku tersayang Briptu Kamaruddin, Sudomo, Sunarti dan Sumarni yang telah banyak membantu dan memberikan dukungan serta do'anya.
5. Teman-teman PLH Angkatan 2010 " Pak Lasire, Hasyim, Kak Sakinah, Kak Eryk, Pak Gede', Wayan, Kak Yusri, Kak Fiah, Kak Rahma, Kak Alam, Kak Roem, Kak Iman, Kak Odha, Vera, Kak Akhir, Ibu Ria, Kak Imhe, dan Amel ", tak lupa juga teman-teman PLH 2011 " Jeng Mimi, Kak Zamrud Intani, dan Kak Sidiq yang telah banyak memberikan inspirasi dan motivasi, Thank's atas segala kenangan indah yang kalian berikan selama perkuliahan, serta senantiasa saling memberikan dukungan dan do'anya dalam penyelesaian tesis ini.

Semua pihak yang tidak sempat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan dan partisipasi dalam penyelesaian tesis ini.

Akhirnya penulis memanjatkan do'a kepada Allah SWT, semoga segala bantuan yang diberikan kepada penulis baik berupa moril maupun materi mendapat balasan yang berlipat ganda dari Allah SWT. Amien.

Makassar, Agustus 2012

Hasrianti

## DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR SIMBOL	x
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	5
E. Ruang Lingkup Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Pencemaran Air	6
B. Logam Berat	8
1. Logam Kadmium (Cd)	10
2. Logam Krom (Cr)	11
C. Adsorpsi	13
D. Waktu Kontak	14
E. pH	15
F. Kapasitas Adsorpsi	16
G. Isotermal Adsorpsi	19
1. Isotermal Langmuir	20
2. Isotermal Freundlich	20
H. Potensi Kulit Singkong sebagai Adsorben Logam Berat	21
I. Kerangka Konseptual	23

J. Hipotesis	25
III. METODE PENELITIAN	27
A. Rancangan Penelitian	27
B. Lokasi dan Waktu	27
C. Bahan dan Alat	27
D. Teknik Pengambilan Sampel	28
E. Prosedur Kerja	28
F. Pengolahan Data	30
G. Analisis Data	31
H. Diagram Alir Penelitian	32
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
A. Penentuan Waktu Kontak Optimum	33
B. Penentuan pH Optimum	34
C. Penentuan Kapasitas Adsorpsi	37
D. Adsorpsi Ion $Cd^{2+}$ dan $Cr^{6+}$ dari Limbah Cair	42
V. PENUTUP	45
A. Kesimpulan	45
B. Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	51

**DAFTAR TABEL**

Nomor	halaman
1. Klasifikasi umum dari bahan pencemar air	8
2. Asam dan basa beberapa senyawa dan ion menurut prinsip HSAB pearson	18
3. Komposisi kimia singkong pada beberapa bagiannya berdasarkan bahan kering	22
4. Jumlah ion $\text{Cd}^{2+}$ dan $\text{Cr}^{6+}$ yang diadsorpsi sebagai fungsi waktu kontak	34
5. Jumlah ion $\text{Cd}^{2+}$ dan $\text{Cr}^{6+}$ yang diadsorpsi sebagai fungsi pH	36
6. Jumlah ion $\text{Cd}^{2+}$ yang diadsorpsi oleh kulit singkong sebagai fungsi konsentrasi pada waktu 3 jam dan pH 6,1	37
7. Jumlah ion $\text{Cr}^{6+}$ yang diadsorpsi oleh kulit singkong sebagai fungsi konsentrasi pada waktu 3 jam dan pH 6,1	39
8. Hasil pemeriksaan kualitas air limbah rumah sakit Ibnu Sina	43
9. Jumlah ion $\text{Cd}^{2+}$ yang diadsorpsi dari limbah cair dengan menggunakan kulit singkong	44

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	halaman
1. Kerangka konseptual	24
2. Diagram alir penelitian	30
3. Pengaruh waktu kontak terhadap jumlah ion $\text{Cd}^{2+}$ dan $\text{Cr}^{6+}$ yang diadsorpsi	34
4 Pengaruh pH terhadap jumlah ion $\text{Cd}^{2+}$ dan $\text{Cr}^{6+}$ yang diadsorpsi	36
5 Jumlah ion $\text{Cd}^{2+}$ yang diadsorpsi oleh kulit singkong sebagai fungsi konsentrasi pada waktu 3 jam dan pH 6,1	37
6 Isotermal Langmuir dari adsorpsi ion $\text{Cd}^{2+}$ oleh kulit singkong	38
7 Isotermal Freundlich dari adsorpsi ion $\text{Cd}^{2+}$ oleh kulit singkong	38
8 Jumlah ion $\text{Cr}^{6+}$ yang diadsorpsi oleh kulit singkong sebagai fungsi konsentrasi pada waktu 3 jam dan pH 6,1	40
9 Isotermal Langmuir dari adsorpsi ion $\text{Cr}^{6+}$ oleh kulit singkong	41
10 Isotermal Freundlich dari adsorpsi ion $\text{Cr}^{6+}$ oleh kulit singkong	41

## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	halaman
1. Skema pembuatan adsorben kulit singkong	47
2. Skema kerja penentuan waktu kontak optimum adsorpsi	48
3. Skema kerja penentuan pengaruh pH optimum adsorpsi	49
4. Skema kerja penentuan kapasitas adsorpsi	50
5. Skema kerja adsorpsi ion $\text{Cd}^{2+}$ dan $\text{Cr}^{6+}$ dari limbah cair	51
6. Hasil penentuan waktu kontak optimum adsorpsi ion $\text{Cd}^{2+}$ dan $\text{Cr}^{6+}$ kulit singkong dengan konsentrasi 10 mg/L	52
7. Hasil penentuan pH optimum adsorpsi ion $\text{Cd}^{2+}$ dan $\text{Cr}^{6+}$ kulit singkong dengan konsentrasi 10 mg/L	53
8. Hasil penentuan isotermal adsorpsi ion $\text{Cd}^{2+}$ dan $\text{Cr}^{6+}$ pada adsorben kulit singkong	54
9 Hasil perhitungan kapasitas adsorpsi dan energi adsorpsi ion $\text{Cd}^{2+}$ pada adsorben kulit singkong untuk isotermal Langmuir	55
10 Hasil perhitungan kapasitas adsorpsi dan energi adsorpsi ion $\text{Cd}^{2+}$ pada adsorben kulit singkong untuk isotermal Freundlich	56
11 Hasil perhitungan kapasitas adsorpsi dan energi adsorpsi ion $\text{Cr}^{6+}$ pada adsorben kulit singkong untuk isotermal Langmuir	57
12 Hasil perhitungan kapasitas adsorpsi dan energi adsorpsi ion $\text{Cr}^{6+}$ pada adsorben kulit singkong untuk isotermal Freundlich	58
13 Hasil penentuan jumlah adsorpsi ion $\text{Cd}^{2+}$ kulit singkong dari limbah cair	59

## DAFTAR SIMBOL

B	=	Intensitas adsorpsi (L/mg)
C <sub>o</sub>	=	Konsentrasi ion logam sebelum adsorpsi (mg/L)
C <sub>e</sub>	=	Konsentrasi ion logam setelah adsorpsi (mg/L)
K	=	Kapasitas adsorpsi isoterma Freundlich (mg/g)
Mesh	=	Satuan untuk ukuran ayakan
M	=	Massa adsorben yang digunakan (g)
N	=	Intensitas adsorpsi isoterma Freundlich (L/g)
Ppm	=	Part per million
q <sub>e</sub>	=	Jumlah ion logam teradsorpsi (mg/g)
Q <sub>o</sub>	=	Kapasitas adsorpsi (mg/g)
T	=	waktu
V	=	Volume larutan ion logam (L)
W <sub>a</sub>	=	Jumlah adsorben, Kulit Singkong (g)
X	=	Jumlah zat terlarut yang diserap (mg)

## ABSTRAK

**HASRIANTI.** *Adsorpsi ion  $Cd^{2+}$  dan  $Cr^{6+}$  pada limbah cair menggunakan kulit singkong* (dibimbing oleh M. Sjahrul dan Paulina Taba).

Penelitian ini bertujuan menentukan (1) kondisi optimum (waktu dan pH) adsorpsi ion  $Cd^{2+}$  dan  $Cr^{6+}$  dengan menggunakan kulit singkong, (2) kapasitas adsorpsi ion  $Cd^{2+}$  dan  $Cr^{6+}$  dengan menggunakan kulit singkong, dan (3) jumlah ion  $Cd^{2+}$  dan  $Cr^{6+}$  yang diadsorpsi dari limbah cair dengan menggunakan kulit singkong.

Penelitian ini dilaksanakan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah deskriptif. Pengambilan sampel dilakukan di bak penampungan limbah cair rumah sakit umum Ibnu Sina dan dianalisis dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif yang dilaporkan dalam bentuk tabel dan grafik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu kontak optimum yang diperlukan untuk adsorpsi ion  $Cd^{2+}$  dan  $Cr^{6+}$  dengan menggunakan kulit singkong adalah 3 jam perendaman dan pH optimum adalah 6,1. Adsorpsi ion  $Cd^{2+}$  oleh kulit singkong lebih sesuai dengan isothermal adsorpsi Freundlich dengan nilai  $k = 0,0423$  mg/g sedangkan adsorpsi ion  $Cr^{6+}$  lebih sesuai dengan isothermal adsorpsi Langmuir dengan nilai  $Q_0 = 12,82$  mg/g. Jumlah ion  $Cd^{2+}$  yang diadsorpsi dari limbah cair dengan menggunakan kulit singkong yaitu sebanyak 0,00014 mg/g.

Kata kunci: Adsorpsi, ion  $Cd^{2+}$  dan  $Cr^{6+}$ , isothermal adsorpsi, kulit singkong

## ABSTRACT

**HASRIANTI.** *Adsorption of Cd<sup>2+</sup> and Cr<sup>6+</sup> ions in waste water using cassava skin* (Supervised by M. Sjahrul and Paulina Taba).

This study aims to determine (1) under optimum conditions (time and pH) and Cr<sup>6+</sup> Cd<sup>2+</sup> ions adsorption using cassava skin, (2) ion adsorption capacity of Cd<sup>2+</sup> and Cr<sup>6+</sup> using cassava skin, and (3) the number of ions adsorbed Cd<sup>2+</sup> and Cr<sup>6+</sup> of waste water by using cassava skin. The research was conducted at the Central Health Laboratory of Makassar.

The method used in research is descriptive. Sampling was carried out in tanks of liquid waste Ibnu Sina general hospitals and were analyzed using Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). Data were analyzed descriptively reported in tables and graphs.

The results showed that the optimum contact time required for adsorption Cd<sup>2+</sup> and Cr<sup>6+</sup> ions using cassava skin is 3 hours of immersion and the optimum pH is 6,1. Cd<sup>2+</sup> ion adsorption by the skin more cassava Freundlich adsorption isotherm according to the value of  $k = 0,0423$  mg/g while the adsorption of ion Cr<sup>6+</sup> more in line with the Langmuir adsorption isotherm with a value of  $Q_0 = 12,82$  mg/g. Amount of adsorbed ions Cd<sup>2+</sup> waste water by using the skin as much cassava 0,00014 mg/g .

Key words: Adsorption, Cd<sup>2+</sup> and Cr<sup>6+</sup> Ions, Isothermal Adsorption, Cassava Skin

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Air merupakan zat yang penting dalam kehidupan makhluk hidup di dunia. Namun saat ini, sebagian besar air telah tercemar oleh polutan-polutan berbahaya yang dapat menimbulkan masalah bagi kehidupan. Air buangan atau limbah cair yang berasal dari kegiatan industri merupakan penyebab utama terjadinya pencemaran air (Wardhana, 1995). Berbagai polutan telah dilaporkan sebagai bahan berbahaya, salah satu diantaranya adalah logam berat yang telah dilaporkan baik di Negara maju maupun Negara yang sedang berkembang (Darmono, 1995).

Permasalahan pencemaran air juga telah terjadi di Sungai Tallo kota Makassar. Menurut BLHD, enam perusahaan diduga melakukan pencemaran dengan membuang limbah cair yang mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3) di sepanjang Sungai Tallo, salah satu diantaranya adalah logam berat. Enam perusahaan tersebut yakni Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Tallo, PT. Iradat Aman, PT. Sewatama, PT. Makassar Tene, PT. Katingan Timber Celebes (KTC), dan Rumah Sakit Umum Ibnu Sina. Pencemaran tersebut diduga terjadi karena perusahaan tersebut tidak melakukan pengolahan limbah terlebih

dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Letak perusahaan tersebut berada di sepanjang Sungai Tallo sehingga potensi pencemaran cukup tinggi (Fajar Makassar, 2010).

Menurut Darmono (2006), logam berat yang berbahaya terutama yang mencemari lingkungan adalah merkuri (Hg), timbal (Pb), arsen (As), kadmium (Cd), krom (Cr), dan nikel (Ni). Logam kadmium (Cd) merupakan unsur logam berat yang paling beracun setelah Merkuri (Hg). Kadmium merupakan logam toksisitas kronis yang biasanya terakumulasi di dalam tubuh terutama dalam ginjal. Keracunan kadmium (Cd) dalam waktu lama bersifat toksik terhadap beberapa macam organ yaitu paru-paru, tulang, hati, dan ginjal.

Disamping kadmium, logam krom merupakan logam berbahaya dan beracun yang dapat membahayakan lingkungan. Krom mempunyai daya racun yang tinggi dan dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut serta keracunan kronis. Efek samping dari bentuk krom hexavalen pada kulit adalah termasuk dermatitis, dan reaksi alergi kulit. Selain itu menyebabkan timbulnya gejala pernafasan termasuk batuk, sesak napas, dan hidung gatal. Logam-logam tersebut dapat terakumulasi dalam rantai makanan, maka perhatian yang serius telah dilakukan untuk menemukan metode yang efektif dan efisien untuk menghilangkannya dari air limbah industri (Darmono, 1995). Menurut Hariani dkk (2009), usaha-usaha pengendalian limbah ion logam belakangan ini semakin berkembang, yang mengarah pada upaya-upaya pencarian metode-metode baru yang

murah, efektif, dan efisien. Beberapa metode kimia maupun biologis telah dicoba untuk menghilangkan logam berat yang terdapat di dalam limbah, diantaranya adsorpsi, pertukaran ion (*ion exchange*), dan pemisahan dengan membran. Proses adsorpsi lebih banyak dipakai dalam industri karena mempunyai beberapa keuntungan, yaitu lebih ekonomis dan juga tidak menimbulkan efek samping yang beracun serta mampu menghilangkan bahan-bahan organik.

Penggunaan bahan biomaterial sebagai penyerap ion logam berat merupakan alternatif yang dapat digunakan. Sejumlah biomaterial seperti lumut, daun teh, sekam padi serta beberapa organisme air, begitu juga dari bahan nonbiomaterial seperti perlit, tanah gambut, lumpur aktif dan lain-lain telah digunakan sebagai bahan penyerap logam-logam berat dalam air limbah (Hariani dkk, 2009). Berbagai jenis adsorben telah digunakan untuk menghilangkan logam berat. Contoh adsorben adalah berbagai variasi limbah pertanian yang digunakan untuk menghilangkan ion logam berat (Kahraman dkk, 2008), sekam padi untuk menghilangkan logam Cd dan Cr (Khan dkk, 2004), kulit singkong untuk menghilangkan logam Cu dan Pb (Pinandari, 2010), kulit singkong untuk menghilangkan logam Cu dan Zn (Agiri dan Akaranta, 2009), dan kitosan untuk menghilangkan logam  $Zn^{2+}$  (Karthikeyan dan Muthulakshmi, 2004).

Limbah kulit singkong dapat dimanfaatkan sebagai bahan yang mampu mengurangi kadar logam berat berbahaya. Berdasarkan beberapa hasil penelitian menyatakan bahwa kulit singkong memiliki kandungan

protein, *sellulosa non-reduksi*, serat kasar yang tinggi dan HCN (asam sianida). komponen-komponen tersebut mengandung gugus  $-OH$ ,  $-NH_2$ ,  $-SH$  dan  $-CN$  yang dapat mengikat logam (Anonim, 2010). Kulit singkong mengandung C (Karbon) sebesar 59,31% yang berarti terdapat carbon yang tinggi, H (Hidrogen) sebesar 9,78%, O (Oksigen) sebesar 28,74% , N (Nitrogen) sebesar 2,06 % , S (Sulfur) sebesar 0,11% dan  $H_2O$  (Air) sebesar 11,4% (Akanbi, 2007). Selain itu, menurut Hanifah dkk (2010), kulit singkong juga mengandung 459, 56 ppm HCN (asam sianida).

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah, perumusan masalah penelitian adalah:

1. Berapakah kondisi optimum (waktu dan pH) adsorpsi ion  $Cd^{2+}$  dan  $Cr^{6+}$  menggunakan kulit singkong ?
2. Berapakah kapasitas adsorpsi ion  $Cd^{2+}$  dan  $Cr^{6+}$  menggunakan kulit singkong?
3. Berapakah jumlah ion  $Cd^{2+}$  dan  $Cr^{6+}$  yang diadsorpsi dari limbah cair menggunakan kulit singkong?

## **C. Tujuan Penelitian**

1. Menentukan kondisi optimum (waktu dan pH) adsorpsi ion  $Cd^{2+}$  dan  $Cr^{6+}$  menggunakan kulit singkong.
2. Menentukan kapasitas adsorpsi ion  $Cd^{2+}$  dan  $Cr^{6+}$  menggunakan kulit singkong.

3. Menentukan jumlah ion  $\text{Cd}^{2+}$  dan  $\text{Cr}^{6+}$  yang diadsorpsi dari limbah cair menggunakan kulit singkong.

#### **D. Manfaat Penelitian**

1. Memberikan masukan kepada Pemerintah dan pihak Industri dalam mengelola kegiatan industri yang berwawasan lingkungan agar dapat meminimalisirkan terjadinya pencemaran lingkungan khususnya pencemaran logam berat.
2. Memberikan informasi mengenai adanya teknologi pengolahan limbah alternatif yang menggunakan limbah kulit singkong yang dapat diaplikasikan terhadap berbagai jenis limbah, agar limbah tersebut aman sebelum dibuang ke lingkungan.

#### **E. Ruang Lingkup Penelitian**

Penelitian ini dibatasi pada kajian adsorpsi ion  $\text{Cd}^{2+}$  dan  $\text{Cr}^{6+}$  pada limbah cair dengan menggunakan kulit singkong, mencakup kondisi optimum (waktu dan pH), kapasitas adsorpsi dan jumlah ion  $\text{Cd}^{2+}$  dan  $\text{Cr}^{6+}$  yang diadsorpsi dari limbah cair dengan menggunakan kulit singkong.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Pencemaran Air**

Pencemaran air atau polusi air dapat diartikan berbeda oleh satu orang dengan orang lainnya mengingat banyak pustaka acuan yang merumuskan definisi istilah tersebut. baik dalam kamus atau buku teks ilmiah. Pengertian pencemaran air juga didefinisikan dalam Peraturan Pemerintah, sebagai turunan dari pengertian pencemaran lingkungan hidup yang didefinisikan dalam undang-undang. Dalam praktek operasionalnya. pencemaran lingkungan hidup tidak pernah ditunjukkan secara utuh, melainkan sebagai pencemaraan dari komponen komponen lingkungan hidup, seperti pencemaran air, pencemaran air laut, pencemaran air tanah dan pencemaran udara (Warlina, 2004).

Dalam PP No. 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air. "pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi agi sesuai dengan peruntukannya"

(Pasal 1, angka 2). Definisi pencemaran air tersebut dapat diuraikan sesuai makna pokoknya menjadi 3 (tiga) aspek, yaitu aspek kejadian, aspek penyebab atau pelaku dan aspek akibat.

Pencemaran air juga merupakan penyimpangan sifat-sifat air dari keadaan normal, bukan dari kemurniannya. Air yang tersebar di alam semesta ini tidak pernah terdapat dalam bentuk murni, namun bukan berarti bahwa semua air sudah tercemar. Walaupun di daerah pegunungan atau hutan yang terpencil dengan udara yang bersih dan bebas dari pencemaran air, air hujan yang turun di atasnya selalu mengandung bahan-bahan terlarut. seperti CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub>, serta bahan-bahan tersuspensi misalnya debu dan partikel-partikel lainnya yang terbawa air hujan dari atmosfer (Warlina, 2004).

Berdasarkan definisi pencemaran air, penyebab terjadinya pencemaran dapat berupa masuknya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke dalam air sehingga menyebabkan kualitas air tercemar. Masukan tersebut sering disebut dengan istilah unsur pencemar, yang pada prakteknya berupa buangan yang bersifat rutin, misalnya buangan limbah cair. Air sering tercemar oleh berbagai komponen anorganik, diantaranya berbagai jenis logam berat yang berbahaya, yang beberapa di antaranya banyak digunakan dalam berbagai keperluan sehingga diproduksi secara kontinyu dalam skala industri (Palar, 1994).

Bahan pencemar air secara umum dapat diklasifikasikan seperti pada Tabel 1. Tidak semua perairan mengandung bahan pencemar yang sama karena terjadinya pencemaran ditentukan oleh banyak faktor.

Tabel 1. Klasifikasi umum dari bahan pencemar air

Jenis Bahan Pencemar	Pengaruhnya
Unsur-unsur renik	Kesehatan. biota akuatik
Senyawa organ logam	Transpor logam
Polutan anorganik	Toksisitas, biota akuatik
Asbestos	Kesehatan manusia
Hara-ganggang	Eutrofikasi
Radionuklida	Toksisitas
Zat pencemar organik renik	Toksisitas
Pestisida	Toksisitas. biota akuatik. satwa liar
PCB	Kesehatan manusia
Carsinogen	Penyebab kanker
Limbah minyak	Satwa liar, estetik
Patogen	Kesehatan
Detergen	Introfikasi, estetik
Sedimen	Kualitas air, estetik
Rasa. Bau dan Warna	Estetik

Sumber: Manahan, 1994.

## B. Logam Berat

Sekarang ini beban pencemaran dalam lingkungan air sudah semakin berat dengan masuknya limbah industri dari berbagai bahan kimia yang kadang kala sangat berbahaya dan beracun meskipun dalam

konsentrasi yang masih rendah seperti bahan pencemar logam-logam berat (Achmad, 2004).

Istilah logam berat sebetulnya dapat dipergunakan secara luas terutama dalam perpustakaan ilmiah. Karakteristik dari kelompok logam berat antara lain memiliki gravitas spesifik yang sangat besar yaitu lebih dari 4, mempunyai nomor atom 22-34 dan 40-50 serta unsur-unsur lantanida, mempunyai respon biokimia khas pada organisme hidup (Palar, 1994).

Beberapa logam berat tersebut banyak digunakan dalam berbagai keperluan. Oleh karena itu diproduksi secara rutin dalam skala industri. Penggunaan logam-logam berat tersebut dalam berbagai keperluan sehari-hari berarti secara langsung maupun tidak langsung, atau sengaja maupun tidak sengaja, telah mencemari lingkungan (Fardiaz, 1992).

Logam berat berbahaya yang terutama mencemari lingkungan adalah merkuri (Hg), timbal (Pb), arsen (As), kadmium (Cd), krom (Cr), dan nikel (Ni). Logam-logam berat diketahui dapat terakumulasi di dalam tubuh suatu organisme dan tetap tinggal dalam tubuh dalam jangka waktu yang lama sebagai racun. Dua macam logam berat yang sering mengkontaminasi air adalah merkuri dan timbal (Darmono, 2006).

Menurut Palar (1994), logam berat masih termasuk golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam lain. Perbedaannya terletak dari pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini berikatan dan atau masuk ke dalam tubuh organisme hidup. Sebagai

contoh, bila unsur logam besi (Fe) masuk ke dalam tubuh, meski dalam jumlah agak berlebihan, logam tersebut tidaklah menimbulkan pengaruh yang buruk terhadap tubuh karena unsur besi (Fe) dibutuhkan dalam darah untuk mengikat oksigen. Sedangkan unsur logam berat baik itu logam berat beracun yang dipentingkan seperti tembaga (Cu) bila masuk ke dalam tubuh dalam jumlah berlebihan akan menimbulkan pengaruh-pengaruh buruk terhadap fungsi fisiologis tubuh.

Menurut Palar (2004), logam berat berdasarkan sifat racunnya dapat dikelompokkan menjadi 4 golongan yaitu :

- a. Sangat beracun, dapat mengakibatkan kematian ataupun gangguan kesehatan yang pulih dalam waktu yang singkat. logam-logam tersebut adalah Hg, Pb, Cd, Cr dan As.
- b. Moderat. yaitu mengakibatkan gangguan kesehatan baik yang pulih maupun tidak dalam waktu yang relatif lama. logam-logam tersebut adalah Ba, Be, Cu, Au, Li, Mn, Se, Te, Co dan Rb.
- c. Kurang beracun. logam ini dalam jumlah besar menimbulkan gangguan kesehatan. logam-logam tersebut adalah Al, Bi, Co, Fe, Ca, Mg, Ni, K, Ag, Ti dan Zn.
- d. Tidak beracun. yaitu tidak menimbulkan gangguan kesehatan. Logam-logam tersebut adalah Na, Al, Sr dan Ca.

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

Kadmium (Cd) adalah salah satu logam berat dengan penyebaran yang sangat luas di alam, logam ini bernomor atom 48, berat atom 112,40

dengan titik cair  $321^{\circ}\text{C}$  dan titik didih  $765^{\circ}\text{C}$ . Di alam Cd bersenyawa dengan belerang (S) sebagai greenocckite ( $\text{CdS}$ ) yang ditemui bersamaan dengan senyawa spalerite ( $\text{ZnS}$ ). Kadmium merupakan logam lunak (*ductile*) berwarna putih perak dan mudah teroksidasi oleh udara bebas dan gas amonia ( $\text{NH}_3$ ) (Palar, 2004).

Kadmium yang bervalensi dua ( $\text{Cd}^{2+}$ ) merupakan bentuk terlarut stabil dalam lingkungan perairan laut pada pH dibawah 8,0. Kadar Cd di perairan alami berkisar antara 0,29-0,55 ppb dengan rata-rata 0,42 ppb. Dalam lingkungan alami yang bersifat basa, kadmium mengalami hidrolisis, teradsorpsi oleh padatan tersuspensi dan membentuk ikatan kompleks dengan bahan organik. Di perairan alami, Cd membentuk ikatan baik dengan ligan organik maupun anorganik. seperti  $\text{Cd}(\text{OH})^+$ ,  $\text{CdCl}^+$ ,  $\text{CdSO}_4$ ,  $\text{CdCO}_3$  dan Cd organik (Sanusi, 2006).

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

Menurut Fardiaz (1992), krom memiliki sifat-sifat yang berbeda-beda sesuai dengan tingkat ionitas senyawa yang terbentuk dari ion  $\text{Cr}^{2+}$  yang bersifat basa dari ion  $\text{Cr}^{3+}$  yang bersifat ampoter dan dari ion  $\text{Cr}^{6+}$  yang bersifat asam. Apabila limbah yang banyak mengandung Cr masuk ke dalam perairan dapat terakumulasi ke dalam tubuh organisme sehingga dapat membahayakan organisme di dalam perairan dan dapat bersifat racun yang dapat menyebabkan kanker walaupun dalam jumlah kecil. Masalah yang timbul karena limbah logam berat (krom) cukup rumit

karena mempunyai sifat racun, tidak dapat hancur oleh organisme, dapat diakumulasi dalam tubuh organisme maupun manusia, langsung maupun tidak langsung.

Krom merupakan logam transisi yang penting, senyawanya berupa senyawa kompleks yang memiliki berbagai warna yang menarik, berkilau, titik lebur pada suhu yang tinggi serta tahan terhadap perubahan cuaca (James, 1989). Selain itu pelapisan logam dengan kromium menghasilkan paduan logam yang indah, keras, dan melindungi logam lain dari korosi. Sifat-sifat kromium inilah yang menyebabkan logam ini banyak digunakan dalam industri elektroplating, penyamakan kulit, cat tekstil, fotografi, pigmen (zat warna), besi baja, dan industri kimia. Di lain pihak logam kromium ini juga dapat menimbulkan kerugian bagi lingkungan tanah, udara, dan terutama lingkungan air yang sangat vital bagi kehidupan manusia apabila tidak dikendalikan dengan baik (Darmono, 1995).

Air yang mengandung ion  $\text{Cr}^{3+}$  dapat menimbulkan masalah karena ion logam ini dapat berubah menjadi ion  $\text{Cr}^{6+}$  yang bersifat toksik (racun), karena jika terakumulasi dalam tubuh dapat menyebabkan kanker dan perubahan genetik. Hal ini dapat terjadi karena krom dapat merusak sel-sel di dalam tubuh (Huheey, 1986).  $\text{Cr}^{3+}$  esensial bagi mamalia untuk metabolisme gula, protein, dan lemak. Senyawanya lebih stabil di air serta sifat racunnya tidak terlalu besar. Berbeda dengan  $\text{Cr}^{6+}$  karena bersifat sangat oksidatif. Batas maksimum  $\text{Cr}^{6+}$  yang diperbolehkan dalam air sehat 0,05 mg/L sedangkan dalam air limbah 0,1 mg/L (DepKes RI, 1988).

### C. Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses fisik atau kimia dimana senyawa berakumulasi di permukaan (*interface*) antar dua fase. *Interface* merupakan suatu lapisan yang homogen antara dua permukaan yang saling berkontak. Substansi yang diserap disebut adsorbat sedangkan material yang berfungsi sebagai penyerap disebut adsorben (Anonim, 2011).

Menurut Anonim (2011), mekanisme yang terjadi pada proses adsorpsi yaitu :

1. Molekul-molekul adsorben berpindah dari fase bagian terbesar larutan ke permukaan interface. yaitu lapisan film yang melapisi permukaan adsorben atau eksternal.
2. Molekul adsorben dipindahkan dari permukaan ke permukaan luar dari adsorben (*exterior surface*).
3. Molekul-molekul adsorbat dipindahkan dari permukaan luar adsorben menyebar menuju pori-pori adsorben. Fase ini disebut dengan difusi pori.
4. Molekul adsorbat menempel pada permukaan pori-pori adsorben.

Umumnya adsorpsi ion logam dari larutan ke permukaan adsorben merupakan adsorpsi fisik dimana gaya yang bekerja antar logam berat dari permukaan karbon aktif adalah gaya Van der Waals dimana tidak terjadi reaksi kimia atau pengikatan secara ionik logam dengan adsorben.

Menurut Mufrodi dkk (2008), ada dua metode adsorpsi yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Perbedaan dasar antara adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia adalah sifat dari gaya-gaya yang menyebabkan ikatan adsorpsi tersebut.

#### 1. Adsorpsi fisika

Ikatan Van der Waals. reversible. karena proses penyerapan dapat lepas kembali ke dalam pelarut, kalor adsorpsi kecil yaitu 5-10 kkal/mol, kecepatan pembentukan ikatan cukup tinggi, regenerasi dapat dilakukan, terjadi pada suhu rendah, makin tinggi suhu tingkat penyerapan semakin kecil.

#### 2. Adsorpsi kimia

Ikatan kimia irreversible, karena proses penyerapan tidak dapat dilepas kembali ke dalam pelarut, kalor adsorpsi besar yaitu 10-100 kkal/mol, kecepatan pembentukan ikatan bisa lambat bisa cepat, tergantung besarnya energi aktivasi. Regenerasi tidak dapat dilakukan. terjadi pada suhu tinggi, makin tinggi suhu tingkat penyerapan semakin besar.

### **D. Waktu Kontak**

Waktu untuk mencapai keadaan setimbang pada proses serapan logam oleh adsorben berkisar antara beberapa menit hingga beberapa jam (Khasanah, 2009). Jumlah zat yang diadsorpsi pada permukaan adsorben merupakan proses berkesetimbangan, sebab laju peristiwa

adsorpsi disertai dengan terjadi desorpsi. Pada awal reaksi, peristiwa adsorpsi lebih dominan dibandingkan dengan peristiwa desorpsi, sehingga adsorpsi berlangsung cepat.

Pada waktu tertentu peristiwa adsorpsi cenderung berlangsung lambat pada keadaan berkesetimbangan tidak teramati perubahan secara makroskopis. Waktu tercapainya keadaan setimbang pada proses adsorpsi adalah berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh jenis interaksi yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat. Secara umum, waktu tercapainya kesetimbangan adsorpsi melalui mekanisme secara fisika (*physisorption*) lebih cepat dibandingkan dengan melalui mekanisme secara kimia (*chemisorptions*) (Castellans, 1982).

### **E. pH**

Tingkat keasaman atau pH mempunyai pengaruh dalam proses adsorpsi. pH optimum dari suatu proses adsorpsi ditetapkan melalui uji laboratorium. pH mempengaruhi sisi aktif biomassa serta berpengaruh pada mekanisme adsorpsi ion logam. Pada pH rendah adsorpsi ion logam relatif kecil. Hal ini dapat dijelaskan bahwa pada kondisi asam, gugus fungsi yang terdapat pada adsorben terprotonasi, sehingga terjadi pengikatan ion hidrogen ( $H^+$ ) dan ion hidronium ( $H_3O^+$ ) (Oscik, 1991). Sementara itu, ion-ion logam dalam larutan sebelum teradsorpsi oleh adsorben terlebih dahulu, mengalami hidrolisis, menghasilkan proton (Adamson, 1990).

Menurut Elliott, dkk (1986) dalam kondisi asam permukaan adsorben juga bermuatan positif sehingga terjadi tolakan antara permukaan adsorben dengan ion logam, akibatnya adsorpsi rendah. Sementara itu pada pH tinggi adsorpsi relatif tinggi, hal ini dapat terjadi karena kompleks hidrokso logam ( $\text{MOH}^+$ ) yang akan terbentuk didalam larutan lebih banyak, demikian juga permukaan adsorben akan bermuatan negatif dengan melepaskan proton sehingga melalui gaya elektrostatis akan terjadi tarik menarik yang menyebabkan peningkatan adsorpsi.

### **F. Kapasitas Adsorpsi**

Proses adsorpsi sangat sesuai untuk memisahkan bahan dengan konsentrasi yang rendah dari campuran yang mengandung bahan lain dengan konsentrasi tinggi. Konsentrasi dalam larutan berpengaruh pada pengambilan spesifik ion logam dan dengan adanya variasi konsentrasi maka dapat ditentukan kapasitas adsorpsi dengan menggunakan isoterma adsorpsi. Adsorpsi diikuti dengan pengamatan isoterma adsorpsi yaitu hubungan antara banyaknya zat yang teradsorpsi persatuan berat adsorben dengan konsentrasi zat terlarut pada temperatur tertentu atau tetap yang dinyatakan dengan kurva.

Permukaan zat padat dapat mengadsorpsi zat terlarut dari larutannya. Hal ini disebabkan karena adanya pengumpulan molekul-molekul suatu zat pada permukaan zat lain sebagai akibat ketidakseimbangan gaya-gaya pada permukaan tersebut. Kekuatan interaksi adsorbat dengan adsorben dipengaruhi oleh sifat dari adsorbat

maupun adsorbennya. Gejala yang umum dipakai untuk meramalkan komponen mana yang diadsorpsi lebih kuat adalah kepolaran adsorben dengan adsorbatnya. Apabila adsorbennya bersifat polar, maka komponen yang bersifat polar akan terikat lebih kuat dibandingkan dengan komponen yang kurang polar.

Kekuatan interaksi juga dipengaruhi oleh sifat keras-lunaknya dari adsorbat maupun adsorben. Sifat keras untuk kation dihubungkan dengan kemampuan suatu kation untuk mempolarisasi anion dalam suatu ikatan (*polarizing power cation*). Kation yang mempunyai kemampuan besar untuk mempolarisasi anion cenderung bersifat keras. Kemampuan yang besar suatu kation untuk mempolarisasi anion dimiliki oleh ion-ion logam dengan ukuran (jari-jari) kecil dan muatan yang besar. Sebaliknya kemampuan yang kecil suatu kation untuk mempolarisasi anion dimiliki oleh logam-logam dengan ukuran besar namun muatannya kecil, sehingga diklasifikasikan sebagai ion lunak. Sedangkan pengertian keras untuk anion yaitu kemampuan suatu anion untuk mengalami polarisasi (*polarisabilitas anion*) akibat medan listrik dari kation. Anion yang bersifat keras adalah anion yang berukuran kecil, muatan besar dan elektronegativitas tinggi, sebaliknya anion lunak dimiliki oleh anion dengan ukuran besar, muatan kecil dan elektronegativitas yang rendah. Ion logam keras berikatan kuat dengan anion keras dan ion logam lunak berikatan kuat dengan anion lunak (Castellans, 1982). Menurut Pearson (1963) mengklasifikasikan asam-basa Lewis menurut sifat keras dan lunaknya.

Pusat aktif pada permukaan padatan dapat dianggap sebagai ligan yang dapat mengikat logam secara selektif. Logam dan ligan dikelompokkan menurut sifat keras dan lunaknya berdasarkan pada polarisabilitas unsur.

Pearson (1963), mengemukakan suatu prinsip yang disebut Keras Lunak Asam Basa (*Hard and Soft Acid Base*. HSAB). Ligan-ligan dengan atom yang sangat elektronegatif dan berukuran kecil merupakan basa keras. sedangkan ligan-ligan dengan atom yang elektron terluarnya mudah terpolarisasi akibat pengaruh ion dari luar merupakan basa lunak. Ion-ion logam yang berukuran kecil namun bermuatan positif yang besar, elektron terluarnya tidak mudah dipengaruhi oleh ion dari luar dikelompokkan ke dalam asam keras. Ion-ion logam yang berukuran besar dan bermuatan kecil atau nol, elektron terluarnya mudah dipengaruhi oleh ion lain. dikelompokkan ke dalam asam lunak. Pengelompokan asam-basa menurut prinsip HSAB Pearson dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Asam dan basa beberapa senyawa dan ion menurut prinsip HSAB Pearson

	Keras (Golongan A)	Perbatasan	Lunak (Golongan B)
Asam	H <sup>+</sup> , Li <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> Be <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Sr <sup>2+</sup> BF <sub>3</sub> , BCl <sub>3</sub> , B(OR) <sub>3</sub> Al <sup>3+</sup> , Al(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> , AlCl <sub>3</sub> , AlH <sub>3</sub> Cr <sup>3+</sup> , Mn <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup> , Co <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup> , Co <sup>2+</sup> , Ni <sup>2+</sup> , Cu <sup>2+</sup> , Zn <sup>2+</sup> Rh <sup>3+</sup> , Ir <sup>3+</sup> , Ru <sup>3+</sup> , O <sub>8</sub> <sup>2+</sup>	Cu <sup>+</sup> , Ag <sup>+</sup> , Au <sup>+</sup> , Cd <sup>2+</sup> , Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup> , Hg <sup>2+</sup> , CH <sub>3</sub> Hg <sup>+</sup> , [Co(CN) <sub>5</sub> ] <sup>3-</sup> , Pd <sup>2+</sup> , Pt <sup>2+</sup> , Pt <sup>4+</sup>

Basa	F <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> H <sub>2</sub> O, OH <sup>-</sup> , O <sup>2-</sup> ROH, RO <sup>-</sup> , R <sub>2</sub> O, CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup> CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> NH <sub>3</sub> , RNH <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	Br <sup>-</sup>    NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N <sub>3</sub> <sup>-</sup> SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub> , C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N, N <sub>2</sub>	H <sup>-</sup> I <sup>-</sup> H <sub>2</sub> S, HS <sup>-</sup> , S <sup>2-</sup> RSH, RS <sup>-</sup> , R <sub>2</sub> S SCN <sup>-</sup> , CN <sup>-</sup> , RNC, CO S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup> R <sub>3</sub> P, (RO) <sub>3</sub> P, R <sub>3</sub> As C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
------	--	--	---

Sumber: Pearson (1963)

Menurut prinsip HSAB, asam keras akan berinteraksi dengan basa keras untuk membentuk kompleks, begitu juga asam lunak dengan basa lunak. Interaksi asam keras dengan basa keras merupakan interaksi ionic, sedangkan interaksi asam lunak dengan basa lunak, interaksinya lebih bersifat kovalen.

Porositas adsorben juga mempengaruhi daya adsorpsi dari suatu adsorben. Adsorben dengan porositas yang besar mempunyai kemampuan menyerap yang lebih tinggi dibandingkan dengan adsorben yang memiliki porositas kecil. Untuk meningkatkan porositas dapat dilakukan dengan mengaktivasi secara fisika seperti mengalirkan uap air panas ke dalam pori-pori adsorben, atau mengaktivasi secara kimia. Salah satu cara mengaktivasi adsorben secara kimia adalah aktivasi selulosa melalui penggantian gugus aktif -OH pada selulosa dengan gugus HSO<sub>3</sub><sup>-</sup> melalui proses sulfonasi (Gellerstedt, 1976).

## G. Isotermal Adsorpsi

Isotermal adsorpsi menggambarkan konsentrasi yang bergantung pada kesetimbangan distribusi ion-ion logam antara larutan dan fase padat pada suhu tetap. Untuk mendapatkan data kesetimbangan,

konsentrasi awal dibuat bervariasi sedangkan massa adsorben dalam tiap sampel tetap. Untuk menguji hubungan data antara adsorben dan konsentrasi larutan pada kesetimbangan digunakan model isotermal adsorpsi yaitu model isotermal Langmuir dan Freundlich (Nomanbhay dan Palanisamy. 2005).

### 1. Isotermal Langmuir

Isotermal Langmuir mengasumsikan adsorpsi lapisan tunggal pada permukaan yang mengandung sejumlah tertentu pusat adsorpsi dengan energi-energi adsorpsi yang seragam tanpa perpindahan adsorbat pada bidang permukaan (Nix, 2001).

Bentuk linear dari persamaan isotermal Langmuir ditunjukkan pada persamaan:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_0 b} + \frac{C_e}{Q_0}$$

$C_e$  adalah konsentrasi kesetimbangan (mg/L).  $q_e$  adalah jumlah zat yang diadsorpsi per gram adsorben (mg/g).  $Q_0$  adalah kapasitas adsorpsi dan  $b$  adalah intensitas adsorpsi.

### 2. Isotermal Freundlich

Isotermal Freundlich ini digunakan pada energi permukaan yang heterogen dengan konsentrasi yang berbeda-beda. Bentuk linear dari isoterm Freundlich ditunjukkan oleh persamaan:

$$\log(x/m) = \log k + \frac{1}{n} \log C_e$$

dimana  $x$  adalah jumlah zat terlarut yang diadsorpsi.  $m$  adalah gram adsorben yang digunakan.  $C$  adalah konsentrasi kesetimbangan larutan.  $k$  dan  $n$  merupakan konstanta yang menggabungkan seluruh faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi seperti kapasitas dan intensitas adsorpsi (Namasivayam. 2001).

## **H. Potensi Kulit Singkong Sebagai Adsorben Logam Berat**

Kulit singkong merupakan limbah hasil pengupasan pengolahan produk pangan berbahan dasar umbi singkong, jadi keberadaannya sangat dipengaruhi oleh eksistensi tanaman singkong yang ada di Indonesia. Kulit singkong terkandung dalam setiap umbi singkong dan keberadaannya mencapai 16% dari berat umbi singkong tersebut. Diketahui produksi umbi singkong pada tahun 2008 adalah sebanyak 20,8 juta ton, artinya potensi kulit singkong di Indonesia mencapai angka 3,3 juta ton/tahun (Supriyadi, 1995).

Indonesia penghasil singkong terbesar ketiga di dunia. Secara umum singkong-singkong tersebut diolah menjadi makanan ringan atau sebagai bahan baku pembuatan sagu. Sementara itu, kulit singkong banyak dibuang karena dianggap tak punya nilai guna bagi masyarakat. Pemanfaatannya hanya sebatas untuk pakan ternak. Limbah kulit singkong dapat dimanfaatkan sebagai bahan yang mampu mengurangi

kadar logam berat berbahaya. Logam-logam yang dapat diserap seperti timbal ( $Pb^{2+}$ ), tembaga ( $Cu^{2+}$ ) dan kadmium ( $Cd^{2+}$ ). Disebut logam berat berbahaya karena konsentrasi kecil dapat bersifat racun dan berbahaya.

Singkong memiliki kandungan nutrisi yang berbeda pada setiap bagiannya. Komposisi kimia singkong pada beberapa bagiannya dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 3. Komposisi kimia singkong pada beberapa bagiannya berdasarkan bahan kering

Kandungan nutrisi	Daun (%)	Batang (%)	Umbi (%)	Kulit umbi (%)
Protein kasar	23,2	10,9	1,7	4,8
Serat kasar	21,9	22,6	3,2	21,2
Ekstrak eter	4,8	9,7	0,8	1,22
Abu	7,8	8,9	2,2	4,2
Ekstrak tanpa N	42,2	47,9	92,1	68
Ca	0,972	0,312	0,091	0,36
P	0,576	0,341	0,121	0,112
Mg	0,451	0,452	0,012	0,227
Energi metabolis	2590	2670	1560	2960

Sumber: Devendra (1977)

Limbah kulit singkong dapat dimanfaatkan sebagai bahan yang mampu mengurangi kadar logam berat berbahaya. Berdasarkan beberapa hasil penelitian menyatakan bahwa kulit singkong memiliki kandungan protein, *sellulosa non-reduksi*, serat kasar yang tinggi dan HCN (asam sianida). komponen-komponen tersebut mengandung gugus  $-OH$ ,  $-NH_2$ ,  $-SH$  dan  $-CN$  yang dapat mengikat logam (Anonim, 2010). Kulit singkong mengandung C (Karbon) sebesar 59,31% yang berarti terdapat carbon yang tinggi, H (Hidrogen) sebesar 9,78%, O (Oksigen) sebesar 28,74% ,

N (Nitrogen) sebesar 2,06 % , S (Sulfur) sebesar 0,11% dan H<sub>2</sub>O (Air) sebesar 11,4% (Akanbi, 2007). Selain itu, menurut Hanifah dkk (2010), kulit singkong juga mengandung 459, 56 ppm HCN (asam sianida).

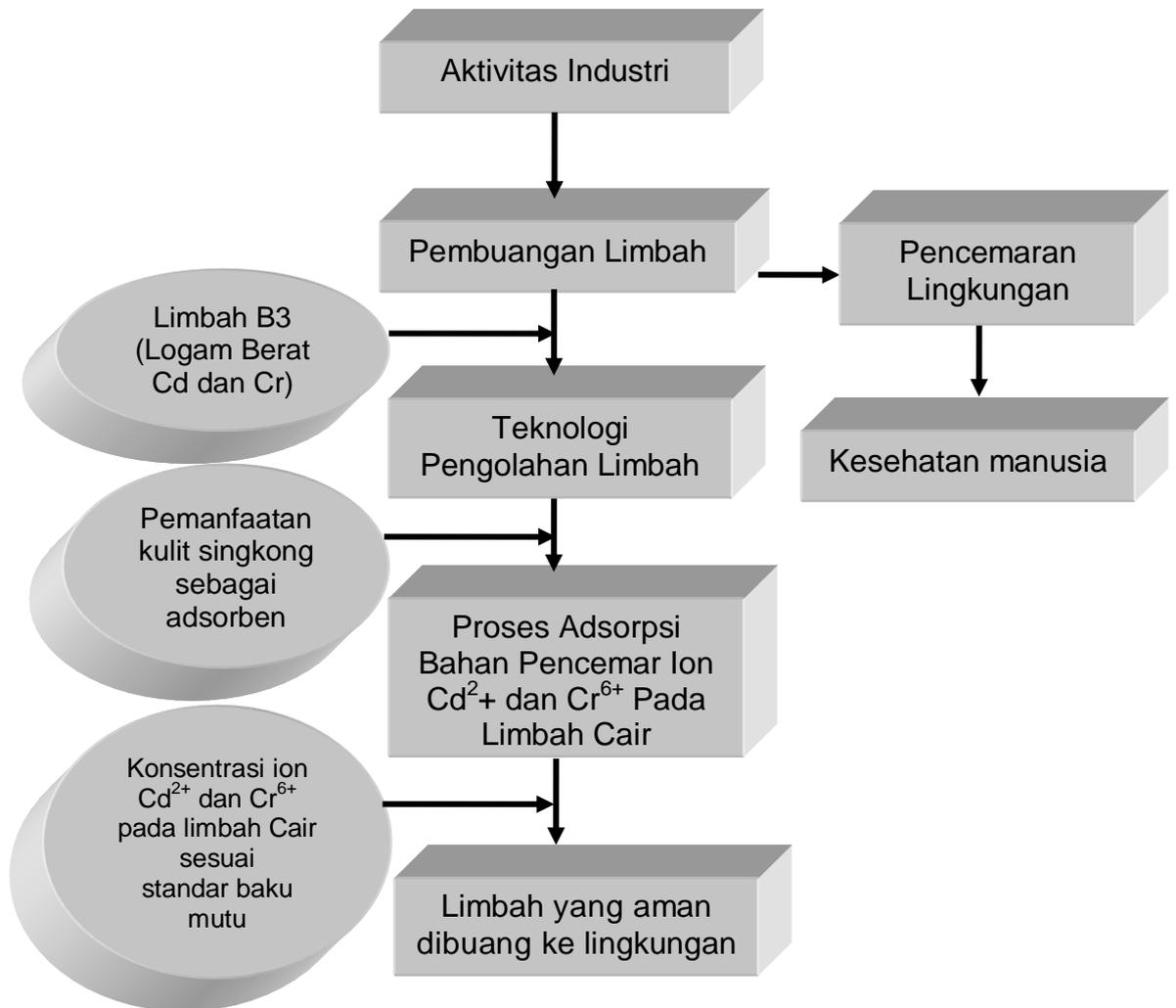
## I. Kerangka Konseptual

Berbagai aktivitas industri yang ada saat ini mengakibatkan banyaknya limbah yang dibuang ke lingkungan. Limbah tersebut utamanya adalah limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang berdampak pada kesehatan manusia. Penelitian ini mencoba menerapkan sebuah teknologi pengolahan pada limbah cair rumah sakit umum Ibnu Sina yaitu proses adsorpsi dengan pemanfaatan kulit singkong sebagai adsorben. Proses adsorpsi bahan pencemar ion Cd<sup>2+</sup> dan Cr<sup>6+</sup> dari limbah cair dengan menggunakan kulit singkong diawali dengan penentuan kondisi optimum adsorpsi yaitu waktu kontak dan pH serta kapasitas adsorpsi pada larutan ion logam yang ditentukan dengan menggunakan isothermal adsorpsi Langmuir dan Freundlich.

Penentuan waktu kontak dan pH optimum dilakukan karena waktu kontak merupakan hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Adsorpsi ion dari suatu zat terlarut akan meningkat apabila waktu kontakannya semakin lama. Sedangkan tingkat keasaman atau pH berpengaruh pada mekanisme adsorpsi ion logam karena dapat mempengaruhi sisi aktif biomassa.

Adapun hasil akhir proses adsorpsi bahan pencemar ion  $\text{Cd}^{2+}$  dan  $\text{Cr}^{6+}$  dari limbah cair dengan menggunakan kulit singkong yaitu untuk memperoleh hasil pengolahan limbah cair dengan konsentrasi ion  $\text{Cd}^{2+}$  dan  $\text{Cr}^{6+}$  sesuai standar baku mutu agar limbah cair tersebut aman untuk dibuang ke lingkungan.

Untuk lebih memahami alur pemikiran penelitian ini, maka perlu dibuatkan kerangka pikir penelitian dalam melukiskan hubungan beberapa konsep yang akan diteliti yang arahnya untuk menjawab rumusan masalah dan disusun secara deskriptif dengan hubungan variabel dan indikatornya dalam bentuk bagan seperti dibawah ini:



Gambar 1. Kerangka konseptual

## J. Hipotesis

1. Adsorpsi ion  $\text{Cd}^{2+}$  dan  $\text{Cr}^{6+}$  dengan menggunakan kulit singkong ditentukan oleh kondisi optimum (waktu dan pH).
2. Kapasitas adsorpsi ion  $\text{Cd}^{2+}$  dan  $\text{Cr}^{6+}$  dengan menggunakan kulit singkong ditentukan dengan menggunakan dua model isotermal adsorpsi yaitu isotermal Langmuir dan Freundlich.

3. Jumlah ion  $\text{Cd}^{2+}$  dan  $\text{Cr}^{6+}$  yang diadsorpsi dari limbah cair rumah sakit umum Ibnu Sina dengan menggunakan kulit singkong.