



**PEMANFAATAN SERBUK PEKTIN KULIT KAKAO SEBAGAI MEDIA  
ADSORBEN LOGAM BERAT Pb PADA LIMBAH CAIR  
(Studi di Industri Elektroplating X di Kabupaten Jember)**

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**Hanifatul Imtitsal  
NIM. 102110101171**

**BAGIAN KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KESELAMATAN KERJA  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2015**



**PEMANFAATAN SERBUK PEKTIN KULIT KAKAO SEBAGAI MEDIA  
ADSORBEN LOGAM BERAT Pb PADA LIMBAH CAIR  
(Studi di Industri Elektroplating X di Kabupaten Jember)**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Pendidikan S-1 Kesehatan Masyarakat dan mendapat gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat

**Oleh:**

**Hanifatul Imtitsal  
NIM. 102110101171**

**BAGIAN KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KESELAMATAN KERJA  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2015**

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji dan syukur atas karunia dan nikmat yang telah diberikan Allah SWT. sehingga begitu banyak kemudahan yang dirasakan dalam menyelesaikan skripsi ini. Bismillahirrahmanirrahim, skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Allah dan RasulNya atas hidayah Islam yang mengantarkan pada jalan kebaikan di dunia dan akhirat;
2. Orang tua saya, Abi Subroto dan Ummi Endang Wiretni. Terima kasih atas pengorbanan, jerih payah, dan curahan kasih sayang serta lantunan doa yang senantiasa mengalir hingga hari ini;
3. Saudara-saudaraku yang sangat luar biasa, mas Faruq, dek Izzah, dek Khansa, dek Nashir, dek Thariq, dek Ula, dan dek Ghina. Semoga Allah mempertemukan kita kelak di surgaNya bersama abi dan ummi;
4. Bapak dan Ibu Guru yang telah berjasa dalam membimbing, menasehati, dan tak henti-hentinya mencurahkan ilmunya yang berharga dengan penuh kesabaran, baik dalam pendidikan formal maupun non formal. Semoga Allah membalas kebaikan Bapak dan Ibu dengan kebaikan yang berlipat ganda;
5. Almamater Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember yang saya banggakan.

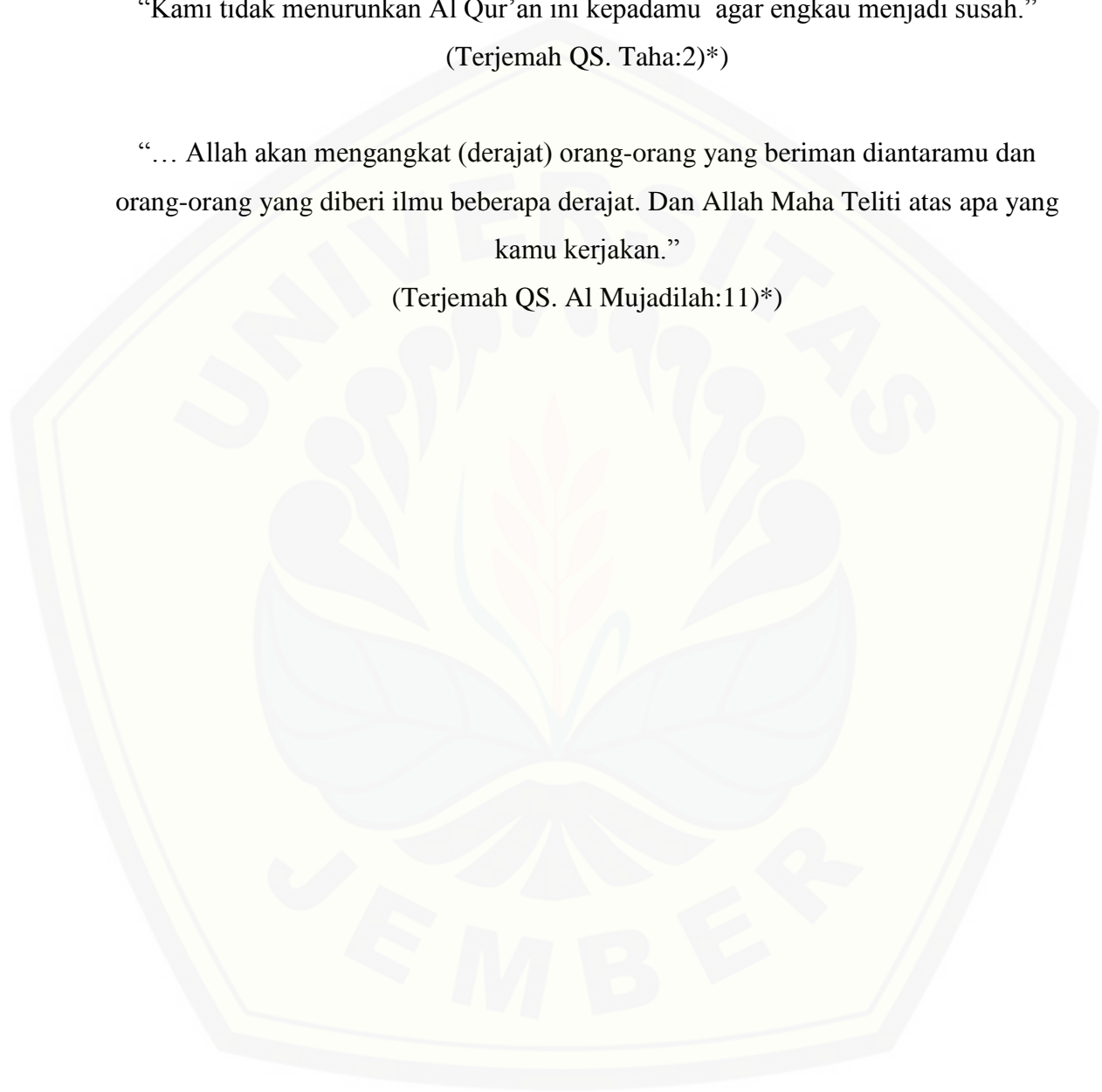
### MOTTO

“Kami tidak menurunkan Al Qur’an ini kepadamu agar engkau menjadi susah.”

(Terjemah QS. Taha:2)\*)

“... Allah akan mengangkat (derajat) orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat. Dan Allah Maha Teliti atas apa yang kamu kerjakan.”

(Terjemah QS. Al Mujadilah:11)\*)



---

\*) Al Mizan. 2009. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Bandung: Al Mizan Publishing House.

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hanifatul Imtitsal

NIM : 102110101171

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: *Pemanfaatan Serbuk Pektin Kulit Kakao sebagai Media Adsorben Logam Berat Pb pada Limbah Cair (Studi di Industri Elektroplating X di Kabupaten Jember)* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan skripsi ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 31 Desember 2014

Yang menyatakan,

Hanifatul Imtitsal

NIM. 102110101171

**HALAMAN PEMBIMBINGAN**

**SKRIPSI**

**PEMANFAATAN SERBUK PEKTIN KULIT KAKAO SEBAGAI MEDIA  
ADSORBEN LOGAM BERAT Pb PADA LIMBAH CAIR  
(Studi di Industri Elektroplating X di Kabupaten Jember)**

Oleh  
Hanifatul Imtitsal  
NIM. 102110101171

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Anita Dewi Moelyaningrum, S.KM., M.Kes.

Dosen Pembimbing Anggota : Ellyke, S.KM., M.KL.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul *Pemanfaatan Serbuk Pektin Kulit Kakao sebagai Media Adsorben Logam Berat Pb pada Limbah Cair (Studi di Industri Elektroplating X di Kabupaten Jember)* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 8 Januari 2015

Tempat : Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Dr. Isa Marufi, S.KM., M.Kes..  
NIP. 19750914 200812 1 002

Ellyke, S.KM., M.KL.  
NIP. 19810429 200604 2 002

Anggota I,

Anggota II,

Anita Dewi Moelyaningrum, S.KM.,M.Kes  
NIP. 19811120 200501 2 001

Drs. Sugeng Catur Wibowo  
NIP. 19610615 198111 1 002

Mengesahkan

Dekan,

Drs. Husni Abdul Gani, M.S.

NIP 19560810 198303 1 003



*The Utilization of Cocoa Skin Pectin Powder as Adsorbent  
Lead Heavy Metal in Waste Water*

**Hanifatul Imtitsal**

*Department of Environmental Health and Occupational Health and Safety,  
Public Health Faculty, Jember University*

**ABSTRACT**

*Environmental pollution, especially by heavy metals, in the waters can damage freshwater biota and harmful if consumed daily by people. Wastewater is a major cause of heavy metal pollution. In addition, cocoa skin waste generated from the processing of cocoa that utilization is not maximized. Cocoa skin containing pectin  $\pm$  12.67% as adsorbent can be one of the effective ways of wastewater treatment. The aim of this study was analyze cocoa skin pectin powder as adsorben Pb in waste water. The method in this study is a true experiment with form Posttest-Only Control Designs and completely randomize. There are 4 groups, the one is control group without treatment and 3 groups treated with the addition of concentration cocoa skin pectin powder of 100 mg/l, 300 mg/l, and 600 mg/l. The total sample in this study are 24 samples. The results showed that addition of concentration cocoa skin pectin powder of 300 mg/L can reduce levels of Pb higher than most other concentration to decrease to 49%. Although not yet until the quality standards Pb 0.1 ppm, but there are limited factors in experiment. So, cocoa skin pectin powder still can be effective adsorbent media reducing Pb in wastewater.*

**Keywords:** *environmental pollution, wastewater, cocoa skin pectin powder, Pb*



## RINGKASAN

**Pemanfaatan Serbuk Pektin Kulit Kakao sebagai Media Adsorben Logam Berat Pb pada Limbah Cair (Studi di Industri Elektroplating X di Kabupaten Jember);** Hanifatul Imtitsal; 102110101171; 66 halaman; Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat

Pembangunan sektor industri merupakan salah satu pilar pembangunan yang diarahkan agar dapat bersaing di era global. Namun di sisi lain, industri juga menghasilkan limbah berbahaya dan beracun. Salah satunya, yakni logam berat. Logam berat sangat berbahaya bagi lingkungan. Limbah logam berat dapat menyebabkan terjadinya pencemaran udara, air, maupun tanah dalam jangka pendek maupun panjang bila tidak dikelola dengan baik. Pb merupakan salah satu logam berat yang berbahaya dan dapat mencemari lingkungan dengan tingkat toksisitas sangat tinggi. Industri elektroplating adalah salah satu industri yang menghasilkan limbah Pb. Industri elektroplating menerapkan proses pelapisan logam mulia yang sangat tipis melalui proses deposisi elektrokimia. Melihat dampak pencemaran yang dapat ditimbulkan, maka penting adanya usaha pengolahan limbah ion logam Pb.

Kulit kakao merupakan limbah utama dari buah kakao karena berat kulit kakao mencapai 75% dari total berat buah kakao. Limbah ini merupakan limbah yang potensial karena dihasilkan dalam jumlah besar dari proses produksi kakao. Namun, sampai saat ini, pemanfaatan kulit kakao masih belum maksimal. Berdasarkan penelitian, kulit kakao mengandung pektin sebesar 14,5 % yang dapat dijadikan sebagai bahan adsorben terhadap logam berat. Dengan menggunakan metode adsorpsi, kulit kakao yang telah diekstrak pektinnya dalam bentuk serbuk pektin kulit kakao dapat menjadi media adsorben terhadap logam berat Pb pada limbah cair industri elektroplating.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan kadar Pb limbah cair yang tidak diberi serbuk pektin kulit kakao dengan limbah cair yang diberi perlakuan

serbuk pektin kulit kakao 100 mg/L ( $X_1$ ), 300 mg/L ( $X_2$ ), dan 600 mg/L ( $X_3$ ) selama 2 hari. Teknik pengumpulan data pada penelitian ini yaitu dengan pengumpulan data primer yang dilakukan melalui uji laboratorium untuk mengetahui kadar Pb sebelum dan setelah perlakuan.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil bahwa terdapat perbedaan secara signifikan yakni sebesar 0,021 antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan  $X_2$ . Namun, tidak terdapat perbedaan secara signifikan antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan  $X_1$  dan  $X_3$ . Walaupun hasil akhir masih belum memenuhi baku mutu lingkungan sesuai dengan Pergub Jatim Nomor 45 Tahun 2002 sebesar 0,1 mg/L, namun terdapat beberapa faktor keterbatasan dalam penelitian ini. Faktor tersebut diantaranya, tidak dilakukannya proses penyaringan pada sampel sebelum uji laboratorium dan tidak dipertimbangkan mengenai faktor suhu dan benturan secara fisik pada sampel. Dengan faktor keterbatasan penelitian, hal ini menunjukkan masih adanya peluang kemampuan adsorpsi Pb oleh serbuk pektin kulit kakao hingga batas minimum.

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah perlu pemantauan limbah cair industri elektroplating secara berkala oleh pihak pemerintah, dalam hal ini Kantor Lingkungan Hidup Kabupaten Jember sehingga mampu mengontrol dan mengevaluasi pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh limbah cair industri elektroplating. Selain itu, dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mengontrol variabel suhu dan benturan pada sampel untuk memperoleh hasil adsorpsi yang optimal dengan menggunakan serbuk pektin kulit kakao.

## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala nikmat dan karunia-Nya, sehingga terselesaikannya penyusunan skripsi dengan judul *Pemanfaatan Serbuk Pektin Kulit Kakao sebagai Media Adsorben Logam Berat Pb pada Limbah Cair (Studi di Industri Elektroplating X di Kabupaten Jember)*, sebagai salah satu persyaratan akademis dalam rangka menyelesaikan Program Pendidikan S-1 Kesehatan Masyarakat di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember dan untuk mengetahui kemampuan serbuk pektin kulit kakao sebagai media adsorben terhadap logam Pb.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan selesai dengan baik tanpa bantuan dan sumbangan pemikiran dari berbagai pihak, untuk itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Anita Dewi Moelyaningrum, S.KM., M.Kes. dan Ibu Ellyke, S.KM., M.KL. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya dalam membimbing dengan penuh kesabaran hingga skripsi ini dapat terselesaikan dan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Drs. Husni Abdul Gani, MS. selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember;
2. Ibu Anita Dewi PS, S.KM, M.Sc selaku Ketua Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember;
3. Bapak Drs. Sugeng Catur Wibowo, selaku penguji anggota dari Dinas Kesehatan Kabupaten Jember;
4. PTPN XII Banjarsari-Jember yang telah memberikan ijin dalam proses pengambilan bahan penelitian;
5. Laboratorium Biokimia FTP dan laboratorium Kimia Fisik FMIPA yang telah membantu dan bekerjasama demi terselesainya penelitian ini;

6. Orang tua, Subroto dan Endang Wiretni. Terima kasih atas keikhlasan dalam mendidik dan lantunan doa yang senantiasa mengalir hingga hari ini;
7. Saudara-saudaraku yang sangat luar biasa, mas Faruq, dek Izzah, dek Khansa, dek Nashir, dek Thariq, dek Ula, dan dek Ghina. Semoga Allah mempertemukan kita kelak di surgaNya bersama abi dan ummi;
8. Sahabat-sahabat saya Qorin, Ayu, Imay, dan Oki, terima kasih telah menjadi teman seperjuangan selama di kampus FKM;
9. Sahabat seperjuangan di peminatan Kesling 2010 dan teman-temanku angkatan 2010, terima kasih atas kebersamaan, semangat, dan kenangan selama ini;
10. Teman-temanku yang sangat berkesan selama di organisasi kampus (Ash Shihah, Lentera, BEM FKM, Pelita, UP, FSUKI, KAMMI, dan ISMKMI);
11. Teman-teman kontrakan An Najah (mbak Azizah, mbak Ima, Izzah, Ulin, Iim, Aisyah, Lulus, Rifka, Isti, Linda, Deni, Aisyah, Tika, Qonita, Putri, Iis, Nadia, Neneng, Reni, Novi);
12. Semua guru-guruku serta Bapak dan Ibu dosen yang ikhlas membimbing dan memberikan ilmunya, semoga berkah dan mendapatkan balasan berlipat ganda dari-Nya. Aamiin yaa Rabbal'aalamiin;
13. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan penyusunan skripsi ini. Atas perhatian dan dukungannya, penulis menyampaikan terima kasih.

Jember, Desember 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>PRAKATA</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DARTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	xvii
<b>DARTAR ARTI LAMBANG</b> .....	xx
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xxi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	7
<b>1.3 Tujuan</b> .....	7
1.3.1 Tujuan Umum .....	7
1.3.2 Tujuan Khusus .....	7
<b>1.4 Manfaat</b> .....	8
1.4.1 Manfaat Teoritis.....	8
1.4.2 Manfaat Praktis .....	8
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	9
<b>2.1 Air</b> .....	9
2.1.1 Sumber Air.....	9



2.1.2 Kegunaan Air bagi Manusia .....	10
<b>2.2 Pencemaran Air .....</b>	<b>11</b>
<b>2.3 Logam Berat .....</b>	<b>12</b>
<b>2.4 Logam Berat Timbal (Pb) .....</b>	<b>14</b>
2.4.1 Sifat Pb .....	14
2.4.2 Sumber dan Kegunaan Pb .....	15
2.4.3 Keberadaan Pb di Air/Limbah Cair .....	16
2.4.4 Efek Toksik Pb .....	16
<b>2.5 Kulit Kakao .....</b>	<b>19</b>
<b>2.6 Zat Pektin .....</b>	<b>20</b>
<b>2.7 Manfaat Pektin .....</b>	<b>21</b>
<b>2.8 Serbuk Pektin Kulit Kakao .....</b>	<b>23</b>
2.8.1 Definisi .....	23
2.8.2 Kelebihan Bentuk Serbuk .....	23
<b>2.9 Proses Adsorpsi .....</b>	<b>24</b>
<b>2.10 Kerangka Konseptual .....</b>	<b>26</b>
<b>2.11 Hipotesis Penelitian .....</b>	<b>27</b>
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>28</b>
<b>3.1 Jenis Penelitian .....</b>	<b>28</b>
<b>3.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....</b>	<b>30</b>
3.2.1 Tempat Penelitian .....	30
3.2.2 Waktu Penelitian .....	30
<b>3.3 Objek Penelitian .....</b>	<b>30</b>
3.3.1 Sampel Penelitian .....	30
3.3.2 Teknik Pengambilan Sampel .....	30
<b>3.4 Variabel dan Definisi Operasional .....</b>	<b>31</b>
<b>3.5 Alur Penelitian .....</b>	<b>32</b>
<b>3.6 Prosedur Kerja .....</b>	<b>32</b>
3.6.1 Alat Penelitian .....	32

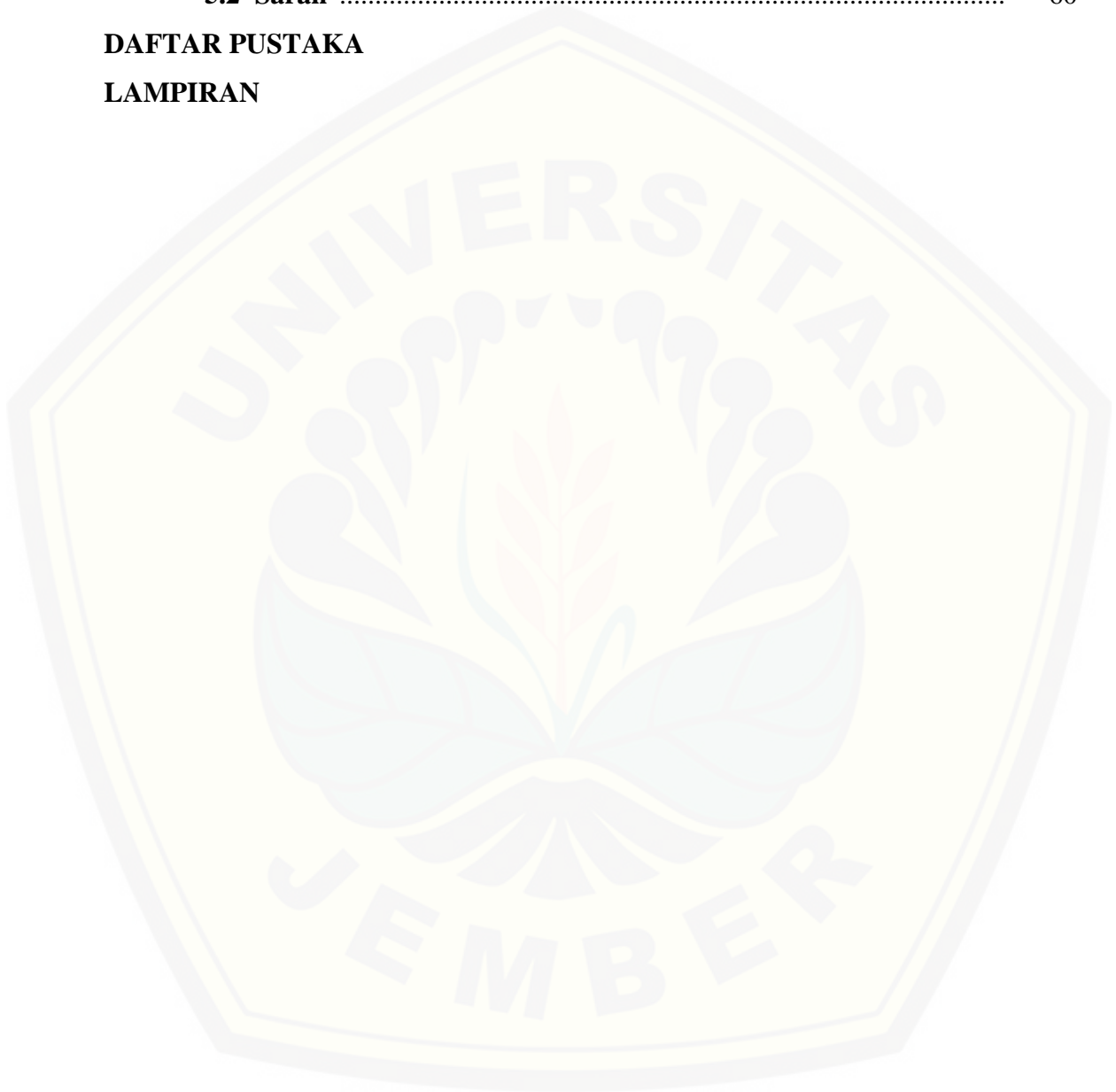
3.6.2 Bahan Penelitian .....	33
3.6.3 Prosedur Kerja Penelitian .....	34
<b>3.7 Cara Kerja Penelitian.....</b>	<b>35</b>
<b>3.8 Data dan Sumber Data .....</b>	<b>36</b>
3.7.1 Data Primer .....	36
3.7.2 Data Sekunder.....	37
<b>3.8 Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data.....</b>	<b>37</b>
<b>3.9 Teknik Penyajian dan Analisis Data.....</b>	<b>38</b>
<b>3.10 Prosedur Penelitian.....</b>	<b>40</b>
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>41</b>
<b>4.1 Kadar Pb Air Baku Sebelum Mengalami Perlakuan.....</b>	<b>41</b>
<b>4.2 Kadar Pb Air Baku Setelah Mengalami Perlakuan.....</b>	<b>42</b>
4.2.1 Kelompok Perlakuan dengan Penambahan Konsentrasi Serbuk Pektin Kulit kakao sebanyak 100 mg/L .....	42
4.2.2 Kelompok Perlakuan dengan Penambahan Konsentrasi Serbuk Pektin Kulit kakao sebanyak 300 mg/L .....	44
4.2.3 Kelompok Perlakuan dengan Penambahan Konsentrasi Serbuk Pektin Kulit kakao sebanyak 600 mg/L .....	45
<b>4.3 Perbedaan Penambahan Konsentrasi Serbuk Pektin Kulit Kakao terhadap Penurunan Kadar Pb Limbah Cair Industri Elektroplating .....</b>	<b>48</b>
4.3.1 Perbedaan Kelompok Kontrol dengan Kelompok X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , dan X <sub>3</sub> .....	50
4.3.2 Perbedaan Kelompok X <sub>1</sub> dengan Kelompok Kontrol, X <sub>2</sub> , dan X <sub>3</sub> .....	51
4.3.3 Perbedaan Kelompok X <sub>2</sub> dengan Kelompok Kontrol, X <sub>1</sub> , dan X <sub>3</sub> .....	51
4.3.4 Perbedaan Kelompok X <sub>3</sub> dengan Kelompok Kontrol, X <sub>1</sub> , dan X <sub>2</sub> .....	53



<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	59
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	59
<b>5.2 Saran</b> .....	60

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 2.1	Klasifikasi Umum dari Bahan Pencemar Air ..... 12
Tabel 2.2	Komposisi Kulit Kakao (pada basis kering) ..... 19
Tabel 2.3	Perbandingan Kandungan Pektin pada Beberapa Bahan ..... 20
Tabel 3.1	Tata Letak RAL Penelitian ..... 29
Tabel 3.2	Variabel, Definisi Operasional, Skala Data, Cara Pengukuran, dan Satuan ..... 31
Tabel 4.1	Rerata Penurunan Kadar Pb pada Tiap Kelompok Penelitian ..... 46
Tabel 4.2	Tingkat Perbedaan Kadar Pb pada Kelompok Kontrol ..... 50
Tabel 4.3	Tingkat Perbedaan Kadar Pb pada Kelompok Perlakuan 1 ..... 51
Tabel 4.4	Tingkat Perbedaan Kadar Pb pada Kelompok Perlakuan 2 ..... 51
Tabel 4.5	Tingkat Perbedaan Kadar Pb pada Kelompok Perlakuan 3 ..... 53

**DAFTAR GAMBAR**

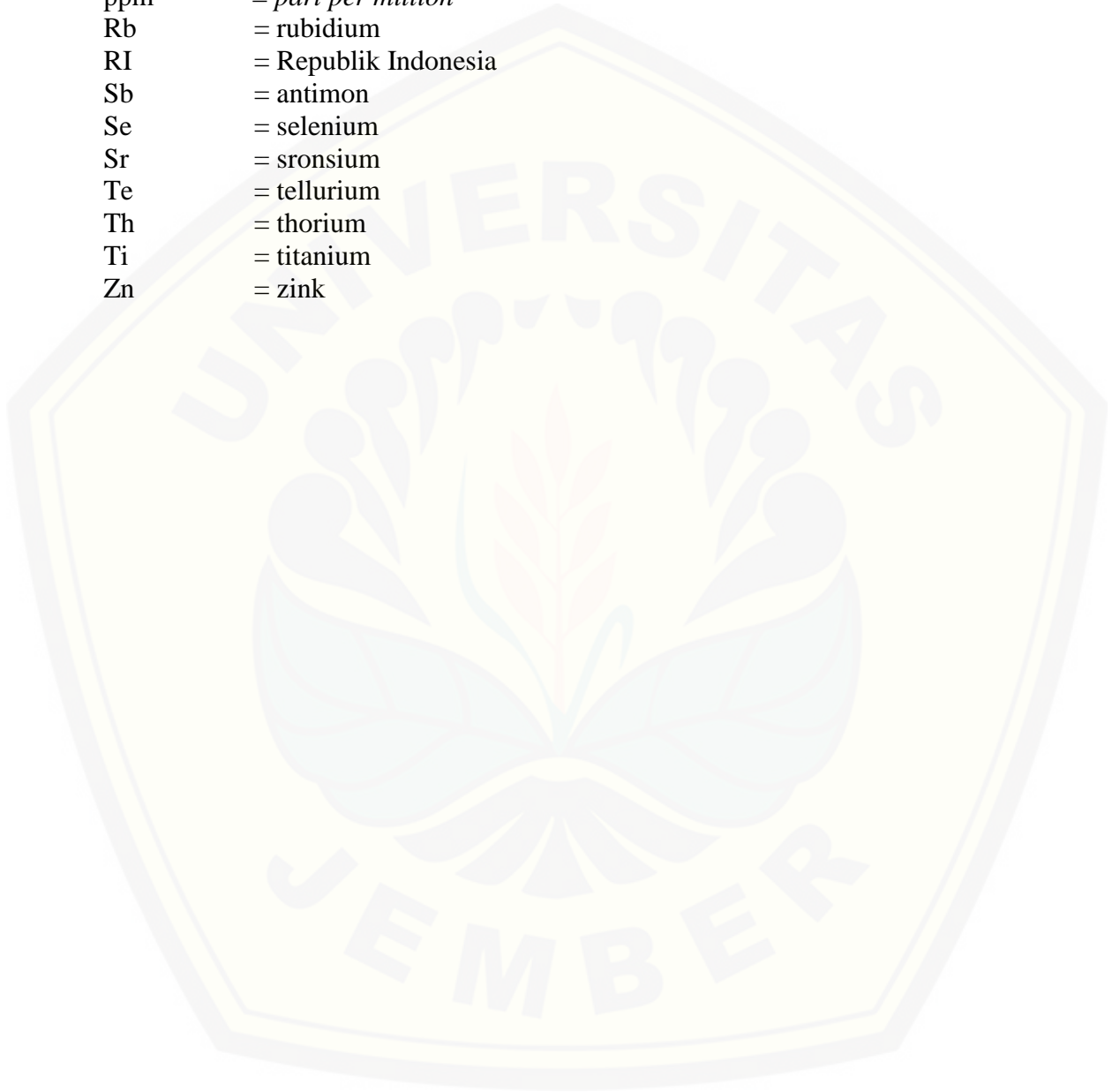
	Halaman
Gambar 2.1 Rumus Molekul Pektin Bermetoksil Tinggi .....	22
Gambar 2.2 Rumus Molekul Pektin Bermetoksil Rendah .....	22
Gambar 2.3 Serbuk Pektin Kulit Kakao Hasil Ekstraksi.....	23
Gambar 3.1 Desain Penelitian .....	28
Gambar 3.2 Tempat Pengambilan Sampel .....	31
Gambar 3.3 Alur Penelitian.....	32
Gambar 3.4 Prosedur Kerja .....	34
Gambar 3.5 Prosedur Penelitian.....	40
Gambar 4.1 Kadar Pb pada Kelompok Kontrol tanpa diberi Penambahan Konsentrasi Serbuk Pektin Kulit Kakao .....	41
Gambar 4.2 Kadar Pb pada Kelompok Perlakuan dengan Penambahan Konsentrasi Serbuk Pektin Kulit Kakao 100 mg/L .....	43
Gambar 4.3 Kadar Pb pada Kelompok Perlakuan dengan Penambahan Konsentrasi Serbuk Pektin Kulit Kakao 300 mg/L .....	44
Gambar 4.4 Kadar Pb pada Kelompok Perlakuan dengan Penambahan Konsentrasi Serbuk Pektin Kulit Kakao 600 mg/L .....	46
Gambar 4.5 Rerata Penurunan Kadar Pb pada Tiap Kelompok Penelitian.....	47

## DAFTAR SINGKATAN



Ag	= perak
Al	= alumunium
As	= arsen
Au	= emas
Ba	= barium
Be	= berilium
Bi	= bismut
C	= celcius
Ca	= kalsium
Cd	= kadmium
Cl	= klorida
Co	= kobalt
CO <sub>2</sub>	= karbon dioksida
Cr	= kromium
Cu	= curprum (tembaga)
dl	= desiliter
F	= fahrenheit
Fe	= ferrum (besi)
gr	= gram
HCl	= asam klorida
Hg	= merkuri
HMP	= <i>High Methoxyl Pectin</i>
K	= kalium
kj	= kilojoule
kkal	= kilokalori
l	= liter
Li	= litium
LMP	= <i>Low Methoxyl Pectin</i>
Mg	= magnesium
mg	= milligram
ml	= milliliter
Mn	= mangan
Mo	= molibden
mol	= molekul
N <sub>2</sub>	= nitrogen
Na	= natrium
NaCl	= natrium klorida
Ni	= nikel
O <sub>2</sub>	= oksigen
Pb	= timbal

Permenkes	= Peraturan Menteri Kesehatan
pH	= <i>power of hydrogen</i>
PP	= peraturan pemerintah
ppm	= <i>part per million</i>
Rb	= rubidium
RI	= Republik Indonesia
Sb	= antimon
Se	= selenium
Sr	= stronsium
Te	= tellurium
Th	= thorium
Ti	= titanium
Zn	= zink



**DAFTAR ARTI LAMBANG**

%	= persen
±	= kurang lebih
-	= negatif
>	= lebih dari
<	= kurang dari
-	= sampai dengan
o	= derajat
≥	= lebih dari sama dengan
/	= per
x	= kali
=	= sama dengan
:	= banding

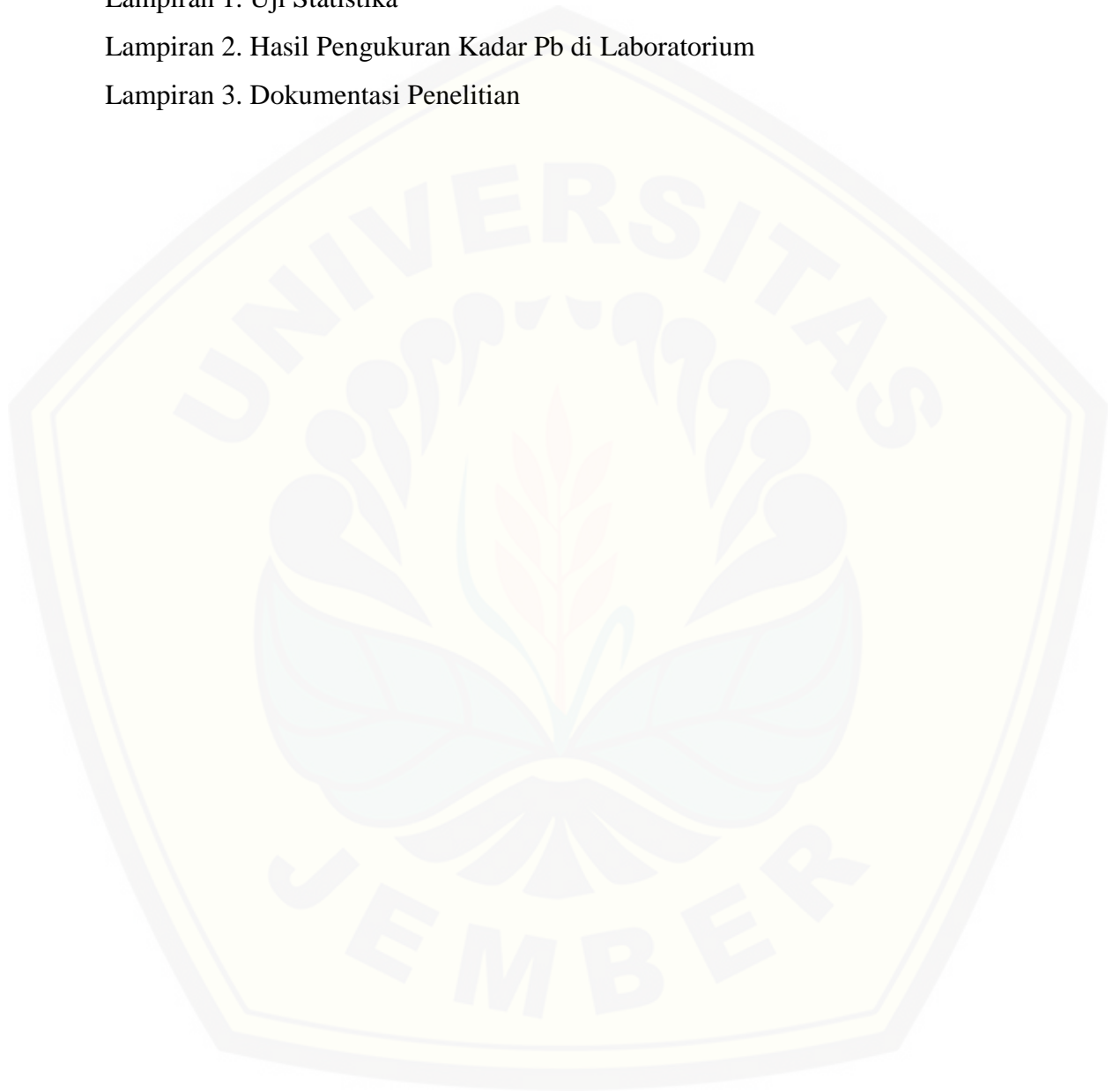


## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Uji Statistika

Lampiran 2. Hasil Pengukuran Kadar Pb di Laboratorium

Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian





## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembangunan sektor industri merupakan salah satu pilar pembangunan yang diarahkan agar dapat bersaing di era global. Hasil yang dicapai dari pembangunan sektor industri Indonesia sampai saat ini ditandai oleh nilai ekspor tertinggi dibandingkan sektor lainnya. Kegiatan industri bertujuan untuk menghasilkan suatu produk dengan spesifikasi tertentu. Dalam melakukan kegiatan proses produksi diperlukan bahan baku, energi dan air serta bahan penolong lain. Namun di sisi lain, industri juga menghasilkan limbah berbahaya dan beracun. Salah satunya limbah logam berat. Limbah logam berat dapat menyebabkan terjadinya pencemaran udara, air, maupun tanah dalam jangka pendek maupun panjang bila tidak dikelola dengan baik.

Pencemaran logam berat sangat berbahaya bagi lingkungan. Banyak laporan yang memberikan fakta mengenai dampak berbahaya dari pencemaran lingkungan terutama oleh logam berat pada kawasan perairan, baik akibat penggunaan airnya untuk konsumsi sehari-hari maupun ketika mengonsumsi biota air tawar yang hidup di perairan tercemar tersebut (Purwanto, 2009). Tingginya dampak akibat pencemaran logam berat ini membutuhkan perhatian serius.

Pencemaran logam berat pernah terjadi di perairan Teluk Jakarta. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar logam berat dalam air di Teluk Jakarta tergolong tinggi bahkan di beberapa lokasi seperti Muara Angke kadar logamnya cenderung meningkat. Air laut, udang, kerang-kerangan, dan beberapa jenis ikan yang hidup di Muara Angke telah tercemar oleh logam berat seperti Hg, Pb, dan Cd (Lestari, 2004). Sumber bahan cemaran tersebut berasal dari kegiatan di darat, khususnya kegiatan industri.

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001, pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau

komponen lain ke dalam perairan oleh kegiatan manusia atau proses alam. Akibatnya, kualitas perairan menjadi berkurang atau tidak berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Salah satu bahan utama yang dapat menyebabkan terjadinya pencemaran air adalah limbah industri.

Limbah industri merupakan bahan sisa atau buangan yang dihasilkan dari suatu kegiatan dan proses produksi. Limbah industri dapat berupa limbah padat, gas, dan cair. Diantara jenis limbah tersebut, limbah cair adalah limbah yang sering menjadi masalah dan dapat mencemari sungai karena kandungan zat kimia dan organiknya tinggi serta tingkat keasaman yang rendah (Azwir, 2006). Limbah cair industri ini dapat menurunkan kualitas dan kuantitas daerah sekitar perairan.

Logam berat merupakan salah satu bahan pencemar kimia yang terkandung dalam limbah cair yang berbahaya bagi makhluk hidup yang mendapatkan paparan akibat unsur ini. Hal ini dikarenakan unsur logam berat merupakan unsur yang tidak dapat dimusnahkan (*nondegradable*) sehingga ada terus di alam. Selain itu, unsur logam berat juga memiliki kemampuan daya racun yang tinggi dan dapat terakumulasi ke dalam tubuh makhluk hidup sehingga keberadaannya di lingkungan sangat tidak diharapkan (Yulianto, 2006).

Logam berat yang berbahaya terutama yang dapat mencemari lingkungan adalah Pb, Hg, Cd, As, Ni, dan Cr (Darmono, 2006). Sebuah badan di Amerika Serikat (*U.S. Agency for Toxic Substances and Disease Registry*) mengeluarkan daftar mengenai bahan-bahan berbahaya yang ditemui pada limbah / buangan berdasarkan toksisitasnya. Dalam kelompok logam, diketahui bahwa golongan logam berat menempati urutan pertama, kedua, ketiga, dan keenam masing-masing adalah Pb, Hg, As, dan Cd (Misran, 2009). Dengan toksisitas tertinggi dibandingkan lainnya, Pb menjadi logam berat yang sangat berbahaya bagi lingkungan.

Pb sering terkandung secara alami dalam kerak bumi dan tersebar ke alam dalam jumlah kecil. Logam ini dapat merusak sistem syaraf jika terakumulasi

dalam jaringan halus dan tulang untuk waktu yang lama. Pb dapat masuk ke peredaran darah dan sel saraf menggantikan kalsium karena sifat fisiknya yang mirip dengan kalsium. Adanya Pb dalam peredaran darah dan otak dapat mengakibatkan gangguan fungsi jaringan dan metabolisme, sintesis hemoglobin darah, ginjal, sistem reproduksi, penyakit akut atau kronis sistem syaraf, serta gangguan fungsi paru-paru. Pada jaringan atau organ tubuh, logam Pb akan terakumulasi pada tulang. Meskipun jumlah Pb yang diserap oleh tubuh hanya sedikit, namun logam ini sangat berbahaya karena Pb dapat memberikan efek racun terhadap berbagai macam fungsi organ tubuh (Nurdiani, 2012). Melihat hal ini, maka penting dilakukan penanganan terhadap logam berat Pb.

Saat ini, Pb adalah salah satu bahan pencemar utama dalam lingkungan. Hal ini dapat terjadi karena timbal juga terdapat dalam limbah cair industri yang pada proses produksinya menggunakan timbal seperti industri pembuatan baterai, industri cat, industri peleburan baja (*smelting*), industri pelapisan logam, dan industri keramik. Timbal digunakan sebagai zat aditif pada bahan bakar, khususnya bensin dimana bahan ini dapat memperbaiki mutu bakar. Bahan ini juga sebagai anti *knocking* (anti letup), pencegah korosi, anti oksidan, diaktifator logam, anti pengembunan, dan zat pewarna (Naria, 2005). Berbagai manfaat dalam penggunaan Pb menyebabkan Pb sering digunakan dalam proses industri, tak terkecuali industri elektroplating.

Industri elektroplating adalah salah satu industri yang menghasilkan limbah Pb. Industri elektroplating menerapkan proses pelapisan logam mulia yang sangat tipis melalui proses deposisi elektrokimia. Proses elektroplating menggunakan arus listrik dengan ion logam bermuatan positif bergerak melalui larutan menuju logam bermuatan negatif. Proses transfer ion (-) dari logam mulia pada logam katoda menghasilkan lapisan dari ion anoda. Proses plating tersebut menggunakan arus listrik sehingga disebut elektroplating (Joe, 2008). Pb digunakan sebagai ion dari logam anoda yang diaplikasikan dalam pelapisan bahan-bahan kendaraan bermotor (Helmenstine, 2013). Penggunaan logam-

logam ini menyebabkan munculnya unsur logam berat dari limbah yang dihasilkan. Industri elektroplating X yang menjadi tempat dalam penelitian ini tidak melakukan pengelolaan limbah terlebih dulu sebelum ke lingkungan dan membuang langsung ke sungai yang berada di belakang industri ini.

Fungsi dari elektroplating adalah untuk memberikan lapisan luar logam, melindungi logam dari penyebab korosi logam, mendapatkan nilai estetika, dan sebagai penyempurna proses teknik maupun mekanis. Jenis elektroplating memiliki perbedaan pada setiap prosesnya (Mittal, 2013). Hal ini tergantung pada jenis bahan dan hasil yang diinginkan oleh setiap produsen industri elektroplating. Walaupun menggunakan logam Ni dan Cr sebagai bahan pelapis, industri elektroplating X menghasilkan Pb sebagai hasil samping akibat proses plating pada kendaraan bermotor.

Sumber air tidak boleh tercemar oleh limbah industri melebihi baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan. Dalam Peraturan Gubernur Jatim Nomor 45 Tahun 2002 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur, baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan/atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan/atau kegiatan. Baku mutu Pb dalam limbah cair untuk industri elektroplating yang ditetapkan dalam peraturan tersebut adalah 0,1 mg/l.

Usaha-usaha pengendalian limbah ion logam belakangan ini semakin berkembang yang mengarah pada upaya pencarian metode-metode baru yang murah, efektif, dan efisien (Hariani, 2009). Metode 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. Adsorpsi adalah proses pengolahan penggumpalan substansi terlarut yang ada di dalam larutan oleh permukaan benda atau zat penyerap (adsorben). Adsorben menunjukkan kemampuan



biomass untuk mengikat logam berat dari dalam larutan melalui langkah-langkah metabolisme atau kimia-fisika.

Berbagai alternatif bahan-bahan biologis dapat digunakan sebagai bahan baku adsorben. Bahan-bahan ini diantaranya adalah alga, fungi, dan bakteri. Namun, penggunaan mikroorganisme tersebut memiliki beberapa kendala diantaranya adalah sangat dipengaruhi oleh kontaminan lain serta adanya kebutuhan perawatan seperti pemberian nutrisi tambahan. Hal ini cukup menjadi kendala mengingat di dalam perairan sangat mungkin terdapat berbagai kontaminasi. Alternatif bahan biologis lain yang dapat digunakan sebagai bahan baku adsorben adalah limbah-limbah produk pertanian.

Komponen yang berperan dalam proses adsorpsi logam berat dengan adsorben bahan-bahan biologis adalah keberadaan gugus aktif yang ada di bahan tersebut. Gugus-gugus itu diantaranya adalah gugus acetamido pada kitin, gugus amino, dan posphat pada asam nukleat, gugus amido, amino, sulphhydryl, dan karboksil pada protein dan gugus hidroksil pada polisakarida. Gugus-gugus inilah yang akan menarik dan mengikat logam pada biomass (Kurniasari, 2012).

Pektin merupakan salah satu senyawa yang terdapat pada dinding sel tumbuhan daratan. Pektin merupakan polimer dari asam D-galakturonat yang dihubungkan oleh ikatan 1,4 glikosidik dan banyak terdapat pada lamella tengah dinding sel tumbuhan. Selama ini, pektin banyak dimanfaatkan dalam industri makanan, farmasi, dan kosmetik. Pada industri-industri tersebut, pektin digunakan terutama sebagai bahan pembentuk gel (Kurniasari, 2012). Namun, bila mengingat bahwa struktur komponen pektin juga banyak mengandung gugus aktif, maka pektin juga dapat digunakan sebagai salah satu sumber adsorben.

Penelitian yang dilakukan oleh Moelyaningrum (2013) tentang potensi kulit kakao sebagai pengikat logam Pb menyebutkan bahwa diantara 4 kelompok terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan. Namun, tidak ada perbedaan yang signifikan antara kelompok perlakuan 1 ( $P_1$ ), perlakuan 2 ( $P_2$ ), dan perlakuan 3 ( $P_3$ ). Adapun 4 kelompok

dalam penelitian ini yakni kelompok kontrol (0 gr/L), perlakuan 1 (100 gr/L), perlakuan 2 (300 gr/L), dan perlakuan 3 (600 gr/L). Adsorpsi Pb maksimum terjadi pada perlakuan 3 dengan lama kontak selama 2 hari. Penelitian lain tentang penggunaan pektin sebagai media adsorben logam berat dilakukan oleh Mata (2009) dengan menggunakan pektin dari pulpa gula-beet. Pektin digunakan untuk adsorpsi logam Cu (II), Cd (II), dan Pb (II) dalam larutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju adsorpsi logam berat dengan pektin sesuai dengan model Langmur yakni tingkat penyerapan Pb lebih besar daripada Cu dan Cd. Mekanisme adsorpsi terutama disebabkan oleh pertukaran ion dan pembentukan kompleks antara ion logam dengan ion kalsium yang terikat pada gugus karboksil gel pektin. Selama proses adsorpsi, ion logam berat akan menggantikan kalsium pada gel.

Kulit kakao merupakan limbah utama dari buah kakao karena berat kulit kakao mencapai 75% dari total berat buah kakao. Pada tahun 2008, Jember mampu menghasilkan kakao sebesar 1690 ton. Dari jumlah produksi tersebut, dapat diketahui bahwa limbah kulit kakao yang dihasilkan sebesar 5.070 ton (Pemerintah Kabupaten Jember, 2012). Tentunya, hal ini merupakan potensi besar dari limbah yang perlu dikembangkan. Sampai saat ini, pemanfaatan kulit buah kakao di perkebunan-perkebunan besar hanya sebagai pakan ternak dan pupuk organik tanaman dengan cara ditimbun di sela-sela tanaman kakao. Berdasarkan penelitian, kulit kakao mengandung pektin sebesar 14,5% dari berat sampel 20 gram dengan menggunakan metode ekstraksi selama 2 jam (Akhmaluddin, 2009). Melihat fakta-fakta ini, maka kulit kakao berpotensi dijadikan sebagai media adsorben Pb pada limbah cair industri elektroplating.

Adanya Pb dalam limbah elektroplating dan belum ditemukannya bentuk pektin dari kulit kakao yang optimal untuk mengadsorpsi Pb, maka dilakukan penelitian dengan membuat serbuk pektin dari kulit kakao sebagai media adsorben terhadap logam Pb pada limbah elektroplating.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penulisan skripsi ini adalah “Apakah terdapat perbedaan kadar Pb antara limbah cair yang tidak diberi serbuk pektin kulit kakao sebagai kelompok kontrol dengan limbah cair yang diberi perlakuan penambahan konsentrasi serbuk pektin kulit kakao 100 mg/l, 300 mg/l, dan 600 mg/l selama 2 hari?”

## 1.3 Tujuan

### 1.3.1 Tujuan Umum

Menganalisis perbedaan kadar Pb limbah cair yang tidak diberi serbuk pektin kulit kakao dengan limbah cair yang diberi perlakuan serbuk pektin kulit kakao 100 mg/l, 300 mg/l, dan 600 mg/l dengan lama kontak selama 2 hari.

### 1.3.2 Tujuan Khusus

1. Mengukur kadar Pb pada limbah cair yang tidak diberi serbuk pektin kulit kakao sebagai kelompok kontrol.
2. Menganalisis kadar Pb kelompok kontrol dengan limbah cair yang diberi perlakuan penambahan konsentrasi serbuk pektin kulit kakao 100 mg/l selama 2 hari.
3. Menganalisis kadar Pb kelompok kontrol dengan limbah cair yang diberi perlakuan penambahan konsentrasi serbuk pektin kulit kakao 300 mg/l selama 2 hari.
4. Menganalisis kadar Pb kelompok kontrol dengan limbah cair yang diberi perlakuan penambahan konsentrasi serbuk pektin kulit kakao 600 mg/l selama 2 hari.
5. Menganalisis perbedaan kadar Pb limbah cair yang tidak diberi serbuk pektin kulit kakao dengan yang diberi perlakuan penambahan konsentrasi serbuk pektin kulit kakao 100 mg/l, 300 mg/l, dan 600 mg/l selama 2 hari.



## 1.4 Manfaat Penelitian

### 1.4.1 Manfaat Teoritis

Dapat dijadikan sebagai bahan pengembangan ilmu di bidang kesehatan masyarakat khususnya pada bidang pengolahan limbah cair, khususnya limbah cair industri elektroplating.

### 1.4.2 Manfaat Praktis

#### 1. Bagi Mahasiswa

Memberikan pengetahuan dan wawasan baru tentang pencemaran limbah Pb dan penggunaan serbuk pektin kulit kakao sebagai media adsorben dalam menurunkan kadar Pb pada limbah cair industri.

#### 2. Bagi Fakultas

Dapat digunakan sebagai bahan bacaan terkait dengan pencemaran logam berat Pb dan gambaran pengolahan limbah cair industri dengan serbuk pektin kulit kakao.

#### 3. Bagi Industri

Industri yang menghasilkan limbah Pb dapat memanfaatkan serbuk pektin kulit kakao sebagai media pengolahan pada limbah cair yang dihasilkan.

#### 4. Bagi Pemerintah

Sebagai masukan dalam penentuan/pembuatan kebijakan-kebijakan yang terkait dengan pencemaran limbah industri dan membantu pemerintah untuk menangani kasus pencemaran limbah industri.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Air

Pengertian air bersih menurut Permenkes RI No 416/Menkes/PER/IX/1990 adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan dapat diminum setelah dimasak. Air baku adalah air yang digunakan sebagai sumber/bahan baku dalam penyediaan air bersih. Sumber air baku yang dapat digunakan untuk penyediaan air bersih yaitu air hujan, air permukaan (air sungai, air danau/rawa), air tanah (air tanah dangkal, air tanah dalam, mata air) (Sutrisno, 2002).

#### 2.1.1 Sumber Air

Air yang berada dipermukaan bumi ini dapat berasal dari berbagai sumber. Berdasarkan letak sumbernya air dapat dibagi menjadi:

1. Air angkasa (hujan)

Air angkasa terjadi dari proses evaporasi dari air permukaan dan evotranspirasi dari tumbuh-tumbuhan oleh bantuan sinar matahari dan melalui proses kondensasi kemudian jatuh ke bumi dalam bentuk hujan, salju ataupun embun. Air angkasa mempunyai sifat tanah (*soft water*) karena kurang mengandung garam-garam dan zat-zat mineral sehingga terasa kurang segar juga boros terhadap pemakaian sabun. Air angkasa juga bersifat agresif terutama terhadap pipa-pipa penyalur maupun bak-bak reservoir sehingga mempercepat terjadinya korosi. Air angkasa atau air hujan merupakan sumber utama air di bumi. Walau pada saat presipitasi merupakan air yang paling bersih, air tersebut cenderung mengalami pencemaran ketika berada di atmosfer. Pencemaran yang berlangsung di atmosfer itu dapat disebabkan oleh partikel debu, mikroorganisme, dan gas, misalnya, karbon dioksida, nitrogen dan amoniak

2. Air permukaan

Air permukaan meliputi badan-badan air semacam sungai, danau, telaga, waduk, rawa, terjun, dan sumur permukaan, sebagian besar berasal dari air hujan

yang jatuh ke permukaan bumi. Air hujan tersebut kemudian akan mengalami pencemaran baik oleh tanah, sampah, maupun yang lainnya.

### 3. Air laut

Air laut mempunyai sifat asin karena kandungan garam NaCl. Kadar garam NaCl dalam air laut 3%. Dengan keadaan ini, maka air laut tidak memenuhi syarat untuk air minum. Namun demikian, air laut ini juga dapat dipergunakan sebagai sumber air minum di beberapa negara yang sudah tidak memiliki sumber air yang lebih baik setelah melalui proses desalinasi yang masih sangat mahal biayanya.

### 4. Air tanah

Air tanah (*ground water*) berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi yang kemudian mengalami perkolasi atau penyerapan ke dalam tanah dan mengalami proses filtrasi secara alamiah. Proses-proses yang telah dialami air hujan tersebut, di dalam perjalanannya ke bawah tanah, membuat air tanah menjadi lebih baik dan lebih murni dibandingkan air permukaan.

Air tanah memiliki beberapa kelebihan dibanding sumber lain. Pertama, air tanah biasanya bebas dari kuman penyakit dan tidak perlu mengalami proses purifikasi. Persediaan air tanah juga cukup tersedia sepanjang tahun, saat musim kemarau sekalipun. Sementara itu, air tanah juga memiliki beberapa kerugian atau kelemahan dibanding sumber air lainnya. Air tanah mengandung zat-zat mineral dalam konsentrasi yang tinggi. Konsentrasi yang tinggi dari zat-zat mineral semacam magnesium, kalsium, dan logam berat seperti besi dapat menyebabkan kesadahan air (Chandra, 2009).

#### 2.1.2 Kegunaan Air Bagi Manusia

Pada konsep terbentuknya manusia, telur yang dibuahi 96%-nya adalah air. Setelah lahir, 80% tubuh seorang bayi adalah air. Semakin tubuh manusia berkembang, persentase air berkurang dan menetap sampai batas 70% ketika manusia

mencapai usia dewasa. Dengan kata lain, selama ini kita hidup sebagai air. Jadi sebenarnya manusia adalah air (Emoto, 2006).

Kegunaan air bagi tubuh manusia antara lain untuk proses pencernaan, metabolisme, mengangkut zat-zat makanan dalam tubuh, mengatur keseimbangan suhu tubuh, dan menjaga jangan sampai tubuh kekringan. Apabila tubuh kehilangan banyak air maka akan mengakibatkan kematian. Untuk menjaga kebersihan tubuh juga diperlukan air. Mandi dua kali sehari dengan menggunakan air yang bersih, diharapkan orang akan bebas dari penyakit seperti kudis, dermatitis, dan penyakit-penyakit yang disebabkan oleh fungi (Sutrisno, 2002).

## **2.2 Pencemaran Air**

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 lagi sesuai dengan peruntukannya (Hasrianti, 2012).

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  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ , dan  $\text{N}_2$ , 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 (Hasrianti, 2012).

Bahan pencemar air secara umum dapat diklasifikasikan seperti pada Tabel 2.1. Tidak semua perairan mengandung bahan pencemar yang sama karena terjadinya pencemaran ditentukan oleh banyak faktor.

Tabel 2.1 Klasifikasi Umum dari Bahan Pencemar Air

<b>Jenis Bahan Pencemar</b>	<b>Pengaruhnya</b>
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
Karsinogen	Penyebab kanker
Limbah minyak	Satwa liar, estetika
Patogen	Kesehatan manusia
Detergen	Introfikasi, estetika
Sedimen	Kualitas air, estetika
Rasa, bau, dan warna	Estetika

*Sumber: Hasrianti, 2012*

### 2.3 Logam Berat

Saat 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.

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.

Beberapa logam berat tersebut banyak digunakan dalam berbagai keperluan. Oleh karena itu, beberapa logam 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.

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, 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 (Hasrianti, 2012).

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, Mg, Ni, K, Ag, Ti, dan Zn.
- d. Tidak beracun. yaitu tidak menimbulkan gangguan kesehatan. Logam-logam tersebut adalah Na, Sr, dan Ca.

#### **2.4 Logam Berat Timbal (Pb)**

Timbal (Pb) adalah logam yang berwarna abu-abu kebiruan, mudah melarut dalam asam nitrat dan membentuk nitrogen oksida. Gas nitrogen oksida yang tak berwarna itu, bila tercampur dengan udara akan teroksidasi menjadi nitrogen dioksida berwarna merah. Dengan asam nitrat pekat, terbentuk lapisan pelindung berupa Pb nitrat pada permukaan logam, yang mencegah pelarutan lebih lanjut (Svehla, 1990).

##### **2.4.1 Sifat Pb**

Pb pada awalnya adalah logam berat yang secara alami terdapat di dalam kerak bumi. Namun, Pb juga bisa berasal dari kegiatan manusia bahkan mampu mencapai 300 kali lebih banyak dibandingkan Pb alami (Widowati et al, 2008).

Pb memiliki titik lebur rendah, mudah dibentuk, memiliki sifat kimia yang aktif, sehingga bisa digunakan untuk melapisi logam agar tidak timbul perkaratan. Apabila dicampur dengan logam lain akan terbentuk logam campuran yang lebih bagus daripada logam murninya. Pb adalah logam lunak berwarna abu-abu kebiruan mengkilat serta mudah dimurnikan dari pertambangan. Pb meleleh pada suhu 328° (662°F), titik didih 1740°C (3164°F); dan memiliki gravitasi 11,34 dengan berat atom 207,20 (Widowati et al, 2008).

Secara umum, Pb dikenal dengan nama timah hitam yang terdiri dari 4 macam, yakni:



1. Pb 204 dengan jumlah sebesar 1,48 % dari seluruh isotop Pb,
2. Pb 206 sebanyak 23,06 %,
3. Pb 207 sebanyak 22,60 %, dan
4. Pb 208 yang merupakan hasil akhir dari peluruhan radioaktif thorium (Th).

#### 2.4.2 Sumber dan kegunaan Pb

Melalui proses geologi, Pb terkonsentrasi dalam deposit bijih logam. Pada umumnya Pb berasosiasi dengan Zn, Cu, dan As. Bijih logam yang pada umumnya diperoleh dari hasil penambangan mengandung sekitar 3-10 % Pb, kemudian dipekatkan lagi hingga 40 % sehingga diperoleh logam Pb murni. Unsur Pb digunakan dalam bidang industri modern sebagai bahan pembuatan pipa air yang tahan terhadap korosi. Pigmen Pb digunakan sebagai pembuatan cat, baterai, dan campuran bahan bakar bensin tetraetil (Widowati et al, 2008).

Dalam pertambangan logam berbentuk sulfida logam (PbS) disebut galena. Logam Pb digunakan dalam industri baterai, kabel, penyepuhan, pestisida, sebagai zat antiletop pada bensin, zat penyusun patri atau solder, sebagai formulasi penyambung pipa sehingga memungkinkan terjadinya kontak antara air rumah tangga dengan Pb (Widowati et al, 2008).

Kemampuan Pb membentuk ikatan dengan berbagai jenis logam lain sehingga bisa meningkatkan sifat metalurgi dari Pb, yaitu:

1. Pb + Sb sebagai kabel telepon
2. Pb + As + Sn + Bi sebagai kabel listrik
3. Pb + Ni senyawa azida sebagai bahan peledak
4. Pb + Cr + Mo + Cl sebagai pewarna cat
5. Pb + astat untuk mengkilapkan keramik dan bahan anti api
6. Pb + Te sebagai pembangkit listrik tenaga panas
7. Tetrametil-Pb dan Tetraetil Pb sebagai bahan aditif pada bahan kendaraan bermotor

Sumber-sumber dari Pb di udara dari industri yang terlibat dalam produksi besi dan baja, baterai, peleburan kuningan dan perunggu. Pb dilepaskan ke udara juga dapat berasal dari pembakaran limbah padat yang mengandung Pb, debu tertiuap angin, gunung berapi dan knalpot. Kulit kontak dengan debu dan kotoran yang mengandung Pb dapat terjadi setiap hari. Data terbaru menunjukkan bahwa potongan-potongan perhiasan dan kosmetik murah yang dijual kepada masyarakat umum mungkin mengandung Pb yang dapat masuk ke kulit apabila terpapar secara rutin. Beberapa jenis pewarna rambut, kosmetik, dan pewarna mengandung Pb asetat. (*Agency for Toxic substances and Disease Registry, 2007*).

#### 2.4.3 Keberadaan Pb di Air/Limbah Cair

Sumber utama adanya timbal di air berasal pembuangan limbah yang mengandung timbale. Salah satu industri yang kandungan limbah cairnya terdapat timbale adalah industri aki penyimpanan di mobil, dimana elektrodanya mengandung 93% timbale dalam bentuk timbale oksida ( $PbO_2$ ). *Public Helath Service Amerika Serikat* menetapkan bahwa sumber-sumber air untuk masyarakat tidak boleh mengandung timbal lebih dari 0,05 mg/L, sedangkan WHO menetapkan batas timbal di dalam air sebesar 0,1 mg/L. Dalam mengontaminasi sumber air, hamper semua timbale terdapat dalam sedimen dan sebagian lagi larut dalam air.

Timbal yang ada di dalam air dapat masuk ke dalam organism di perairan dan jika air tersebut merupakan sumber air konsumsi masyarakat maka timbale tersebut tentunya akan masuk ke dalam tubuh manusia. Baku mutu timbale di perairan berdasarkan PP Nomor 20 tahun 1990 adalah 0,1 mg/L.

#### 2.4.4 Efek Toksik Pb

Pb adalah logam yang bersifat toksik terhadap manusia, yang bisa berasal dari tindakan mengonsumsi makanan, minuman, atau melalui inhalasi dari udara, debu yang tercemar Pb, kontak lewat kulit, kontak lewat mata, dan lewat parental. Logam Pb tidak dibutuhkan oleh tubuh manusia sehingga bila makanan dan minuman

tercemar Pb dikonsumsi, maka tubuh akan mengeluarkannya. Orang dewasa mengabsorpsi Pb sebesar 5-15 % dari keseluruhan Pb yang dicerna, sedangkan anak-anak mengabsorpsi Pb lebih besar yaitu 41,5 % (Widowati et al., 2008).

Di dalam tubuh manusia, Pb bisa menghambat aktivitas enzim yang terlibat dalam pembentukan hemoglobin (Hb) dan sebagian kecil Pb diekskresikan lewat urin atau feses karena sebagian terikat oleh protein, sedangkan sebagian lagi terakumulasi dalam ginjal, hati, kuku, jaringan lemak dan rambut. Waktu paruh Pb dalam eritrosit adalah selama 35 hari dan berada dalam jaringan ginjal dan hati selama 40 hari sedangkan waktu paruh dalam tulang adalah selama 30 hari. Tingkat ekskresi Pb melalui sistem urinaria adalah sebesar 76 %, gastrointestinal 16 % dan rambut, kuku serta keringat sebesar 8 % (Widowati et al., 2008).

Pb dalam tubuh terutama terikat dalam gugus -SH molekul protein sehingga menghambat aktivitas kerja sistem enzim. Pb mengganggu sistem sintesis Hb. Komponen utama Hb adalah *hem* yang disintesis dari glisin dan *suksinil koenzim A* (KoA) dengan piridoksal sebagai kofaktor, setelah beberapa langkah bergabung dengan Fe membentuk *hem*, dimana langkah awal dan akhir terjadi di mitokondria, sedangkan langkah antara terjadi di sitoplasma. Enzim yang terlibat dalam pembentukan *hem* yang paling rentan terhadap Pb adalah asam  $\delta$ -aminolevulinat dehidratase (ALAD) dan *hem sintetase* (ALAS), *uroporfirinogen dekarboksilase* (UROD), dan *koproporfirinogen oksidase* (COPROD). Penghambatan sintesis Hb mengakibatkan pembentukan porfobilinogen dan tidak berlanjutnya proses reaksi. Keracunan akibat kontaminasi logam Pb bisa menimbulkan berbagai macam hal, seperti meningkatnya kadar ALAD dalam darah dan urin, meningkatnya kadar *protoporphin* dalam sel darah merah, memperpendek umur sel darah merah, menurunkan jumlah sel darah merah dan kadar sel-sel darah merah yang masih muda (retikulosit), serta meningkatkan kandungan logam Fe dalam plasma darah. Bentuk ion  $Pb^{2+}$  mampu menggantikan keberadaan ion  $Ca^{2+}$  yang terdapat dalam jaringan tulang. Hal ini disebabkan oleh senyawa-senyawa Pb yang bisa memberikan efek racun terhadap berbagai macam fungsi organ tubuh (Widowati et al., 2008).

Pb bersifat kumulatif. Mekanisme toksisitas Pb berdasarkan organ yang dipengaruhi adalah:

1. Sistem haemopoietik; dimana Pb menghambat sistem pembentukan hemoglobin (Hb) sehingga menyebabkan anemia
2. Sistem saraf; dimana Pb bisa menimbulkan kerusakan otak dengan gejala epilepsi, halusinasi, kerusakan otak besar dan delirium.
3. Sistem urinaria; dimana Pb bisa menyebabkan lesi tubulus proksimalia serta menyebabkan aminosiduria
4. Sistem gastrointestinal; dimana Pb menyebabkan kolik dan konstipasi
5. Sistem kardiovaskuler; dimana Pb bisa menyebabkan peningkatan permeabilitas pembuluh darah
6. Sistem reproduksi berpengaruh terutama terhadap gametotoksitas atau janin belum lahir menjadi peka terhadap Pb. Ibu hamil yang terkontaminasi Pb bisa mengalami keguguran, tidak berkembangnya sel otak embrio, kematian janin waktu lahir serta hipospermia dan teratospermia pada pria
7. Sistem endokrin; dimana Pb mengakibatkan gangguan fungsi tiroid dan fungsi adrenal
8. Bersifat karsinogenik dalam dosis tinggi

Toksitas Pb bersifat kronis dan akut. Paparan Pb secara kronis bisa mengakibatkan kelelahan, kelesuan, gangguan iritabilitas, gangguan gastrointestinal, kehilangan libido, infertilitas pada laki-laki, gangguan menstruasi serta aborsi spontan pada wanita, depresi, sakit kepala, sulit berkonsentrasi, daya ingat terganggu, dan sulit tidur. Toksisitas akut bisa terjadi jika Pb masuk ke Dalam tubuh seseorang melalui makanan atau menghirup gas Pb dalam waktu yang relatif pendek dengan dosis atau kadar relatif tinggi (Widowati et al., 2008). Gejala dan tanda-tanda klinis akibat paparan Pb secara akut bisa menimbulkan beberapa gejala, antara lain:

1. Gangguan gastrointestinal, seperti kram perut, kolik dan biasanya diawali dengan sembelit, mual, muntah-muntah dan sakit perut yang hebat



2. Gangguan neurologi berupa ensefalopati seperti sakit kepala, bingung atau pikiran kacau, sering pingsan dan koma
3. Gangguan fungsi ginjal, oliguria, dan gagal ginjal yang akut bisa berkembang

Pb bisa merusak jaringan saraf fungsi ginjal ginjal, menurunnya kemampuan belajar, dan membuat anak-anak bersifat hiperaktif. Selain itu, Pb juga mempengaruhi organ-organ tubuh, antara lain sistem saraf, ginjal, sistem reproduksi, sistem reproduksi, sistem endokrin dan jantung, serta gangguan pada otak sehingga anak mengalami gangguan kecerdasan dan mental (Widowati et al., 2008).

Kandungan Pb dalam darah berkorelasi dengan tingkat kecerdasan manusia. Semakin tinggi kadar Pb dalam darah, semakin rendah poin IQ. Apabila dalam darah ditemukan kadar Pb sebanyak tiga kali batas normal (*intake normal* sekitar 0,3 mg/hari), maka akan terjadi penurunan kecerdasan intelektual (IQ) di bawah 80. Kelainan fungsi otak terjadi karena secara kompetitif menggantikan peranan Zn, Cu, dan Fe dalam mengatur fungsi sistem saraf pusat. Pb merupakan neurotoksin yang bersifat akumulatif. Setiap kenaikan kadar Pb dalam darah sebesar 10 mg/dl menyebabkan penurunan IQ sebanyak 2,5 poin. Sementara itu setiap paparan 1 mg/dl, Pb di udara mampu menyumbang 2,5-5,3 mg/dl Pb dalam darah. Pada wanita hamil, logam Pb mampu melewati plasenta dan kemudian akan ikut masuk ke dalam sistem peredaran darah janin. Setelah bayi lahir, Pb akan dikeluarkan bersama dengan air susu (Widowati et al., 2008).

## 2.5 Kulit Kakao

Kulit buah kakao adalah bagian dari buah kakao yang pemanfaatannya masih terbatas. Umumnya kulit buah kakao dapat ditanam kembali ke dalam tanah sebagai penambah unsur hara atau pupuk. Selain itu, kulit buah kakao juga sering dijadikan pakan ternak karena kandungan protein dan karbohidratnya cukup tinggi.

Pada perkebunan rakyat umumnya kulit buah kakao yang dihasilkan dari panen biji kakao dari buah yang telah matang hanya dibiarkan membusuk di sekitar area perkebunan kakao tersebut. Padahal pembusukan kulit buah kakao dapat

menghasilkan hama-hama yang dapat mengganggu kelangsungan hidup dari tanaman kakao itu sendiri.

Kulit buah kakao mengandung air dan senyawa-senyawa lain. Komposisi kimia kulit buah kakao tergantung pada jenis dan tingkat kematangan buah kakao itu sendiri. Penelitian telah dilakukan untuk mengetahui komposisi kulit buah kakao jenis Forastero, yang merupakan jenis mayoritas tanaman kakao di Indonesia, seperti yang terlihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Komposisi Kulit Kakao (pada basis kering)

No	Parameter	Kandungan (%)
1.	Pektin	12,67
2.	Air	5
3.	Zat padat lainnya	82,33

Sumber: Cahyadi, 2011

Kulit buah kakao mengandung cukup banyak pektin jika dibandingkan dengan sumber-sumber pektin lainnya. Tabel 2.3 berikut ini adalah perbandingan banyak pektin yang terkandung pada beberapa sumber pektin.

Tabel 2.3 Perbandingan Kandungan Pektin pada Beberapa Bahan

No	Bahan	Kandungan Pektin (%)
1.	Anggur	0,70-0,80
2.	Apel	0,14-0,96
3.	Aprikot	0,42-1,32
4.	Jeruk	0,25-0,76
5.	Kulit Jeruk	10-30
6.	Kulit Kakao	6-30
7.	Pisang	0,58-0,89
8.	Wortel	0,72-1,01

Sumber: Cahyadi, 2011

## 2.6 Zat Pektin

Pektin merupakan golongan polimer heterosakarida yang diperoleh dari dinding sel tumbuhan darat. Pektin berwujud bubuk berwarna putih hingga coklat



terang. Pektin banyak dimanfaatkan pada industri pangan sebagai bahan perekat dan *stabilizer* (dengan tujuan agar tidak terbentuk endapan pada suatu larutan).

Pektin pada sel tumbuhan merupakan penyusun lamela tengah, yaitu lapisan penyusun awal dinding sel. Pada sel-sel tertentu seperti buah atau kulit buah, cenderung mempunyai kandungan pektin yang sangat banyak. Pektin adalah senyawa yang mengakibatkan suasana lengket ketika mengupas buah atau kulit buah.

Penyusun utama pektin biasanya gugus polimer asam D-galakturonat, yang terikat dengan  $\alpha$ -1,4-glikosidik. Asam galakturonat memiliki gugus karboksil yang dapat saling berikatan dengan ion  $Mg^{2+}$  atau  $Ca^{2+}$  sehingga berkas-berkas polimer 'berlekatan' satu sama lain. Inilah yang menyebabkan rasa lengket pada kulit. Tanpa kehadiran kedua ion ini, pektin larut dalam air. Garam-garam Mg-pektin atau Ca-pektin dapat membentuk gel karena ikatan tersebut berstruktur *amorphous* (tak berbentuk pasti) yang dapat mengembang jika molekul air terserap di antara ruang-ruang ikatan tersebut.

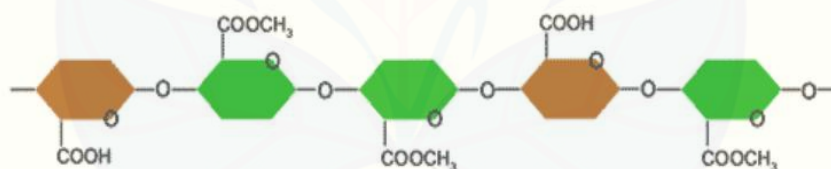
## 2.7 Manfaat Pektin

Penggunaan pektin cukup luas baik dalam bidang industri pangan maupun non-pangan. Umumnya pektin digunakan sebagai bahan pembentuk jeli, selai, pengental dan dimanfaatkan dalam bidang farmasi sebagai obat diare. Dalam industri karet, pektin bisa digunakan sebagai bahan pengental lateks. Pektin juga dapat memperbaiki warna, konsistensi, kekentalan, dan stabilitas produk karet yang dihasilkan.

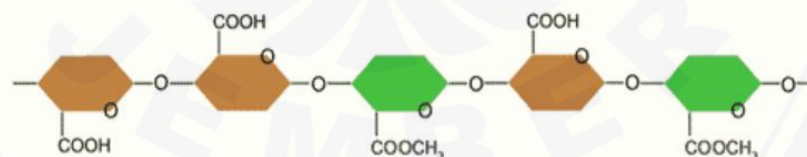
Pektin berkadar metoksil tinggi digunakan untuk pembuatan selai dan jeli dari buah-buahan, serta digunakan dalam pembuatan saus salad, puding, gel buah-buahan dalam es krim, selai dan jeli. Pektin bermetoksil rendah efektif digunakan dalam pembentukan gel saus buah-buahan karena stabilitasnya yang tinggi pada proses pembekuan dan pemanasan, serta digunakan sebagai penyalut dalam banyak produk pangan.

Di bidang farmasi pektin dikenal sebagai bahan yang bersifat potensiator dan memperpanjang pengaruh antibiotik, hormon-hormon dan obat-obatan sulfat dan analgesik. Pektin juga digunakan sebagai emulsifier bagi preparat cair dan sirup, obat diare pada anak-anak, obat penawar racun logam, bahan penurun daya racun, dan meningkatkan daya larut obat sulfa, memperpanjang kerja hormon dan antibiotika, bahan pelapis perban (pembalut luka) guna menyerap kotoran dan jaringan yang rusak serta bahan kosmetik, oral atau injeksi untuk mencegah pendarahan (Yohenta, 2008).

Pektin yang umum terdapat pada limbah pertanian adalah pektin jenis HMP. Pektin jenis ini akan membentuk gel pada pH rendah dan dengan adanya padatan terlarut dalam jumlah besar. Gel yang terbentuk akan mudah larut dalam air sehingga praktis pektin jenis HMP tidak bisa digunakan sebagai adsorben logam berat. Semakin rendah kadar metoksil pektin maka sifat pembentukan jellinya akan semakin berkurang, sehingga jenis pektin yang dapat digunakan sebagai adsorben adalah LMP. LMP dapat dihasilkan dari HMP dengan proses demetilasi.



Gambar 2.1 Rumus Molekul Pektin Bermetoksil Tinggi



Gambar 2.2 Rumus Molekul Pektin Bermetoksil Rendah

Demetilasi adalah proses penurunan kadar metoksil pektin. Proses ini dilakukan untuk mendapatkan LMP dari bahan HMP. *Low methoxyl pektin* sendiri banyak digunakan sebagai *gelling agent* pada produksi selai rendah gula. Selain itu, LMP juga berpotensi untuk digunakan sebagai senyawa anti kanker, dan bila dilihat dari adanya gugus aktif, maka LMP juga berpotensi sebagai biosorben logam-logam berat.

Bila dilihat dari bahan yang digunakan, ada empat metode proses demetilasi. Keempat metode itu adalah demetilasi dengan asam, basa, enzim dan menggunakan ammonia dalam alkohol (Kurniasari dkk, 2012).

## 2.8 Serbuk Pektin Kulit Kakao

### 2.8.1 Definisi

Serbuk pektin kulit kakao adalah serbuk yang dihasilkan dari proses ekstraksi pektin pada kulit kakao. Ekstraksi adalah suatu metoda operasi yang digunakan dalam proses pemisahan suatu komponen dari campurannya dengan menggunakan sejumlah massa bahan (solven) sebagai tenaga pemisah. Apabila komponen yang akan dipisahkan (solute) berada dalam fase padat, maka proses tersebut dinamakan pelindihan atau *leaching*.

Proses pemisahan dengan cara ekstraksi terdiri dari tiga langkah dasar.

1. Proses penyampuran sejumlah massa bahan ke dalam larutan yang akan dipisahkan komponen-komponennya.
2. Proses pembantuan fase seimbang.
3. Proses pemisahan kedua fase seimbang.



Gambar 2.3 Serbuk pektin kulit kakao hasil ekstraksi

### 2.8.2 Kelebihan Bentuk Serbuk

Laju reaksi adsorpsi dapat dipengaruhi oleh luas permukaan bidang sentuh antara zat-zat yang bereaksi. Suatu zat padat akan lebih cepat bereaksi jika permukaannya diperluas dengan cara mengubah bentuk kepingan menjadi serbuk atau

ukuran diperkecil. Dalam bentuk serbuk, ukurannya menjadi lebih kecil tetapi jumlahnya banyak sehingga luas permukaan bidang tumbukan antara zat pereaksi akan semakin besar. Saat suatu zat ditambahkan ke dalam suatu larutan lain, permukaan zat tersebut akan bersentuhan dengan larutan. Menurut teori tumbukan, semakin besar permukaan zat yang bersentuhan dengan partikel lain, peluang terjadinya reaksi adsorpsi semakin banyak sehingga reaksi antar zat dengan larutan semakin cepat.

## 2.9 Proses 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.

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 secara 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.

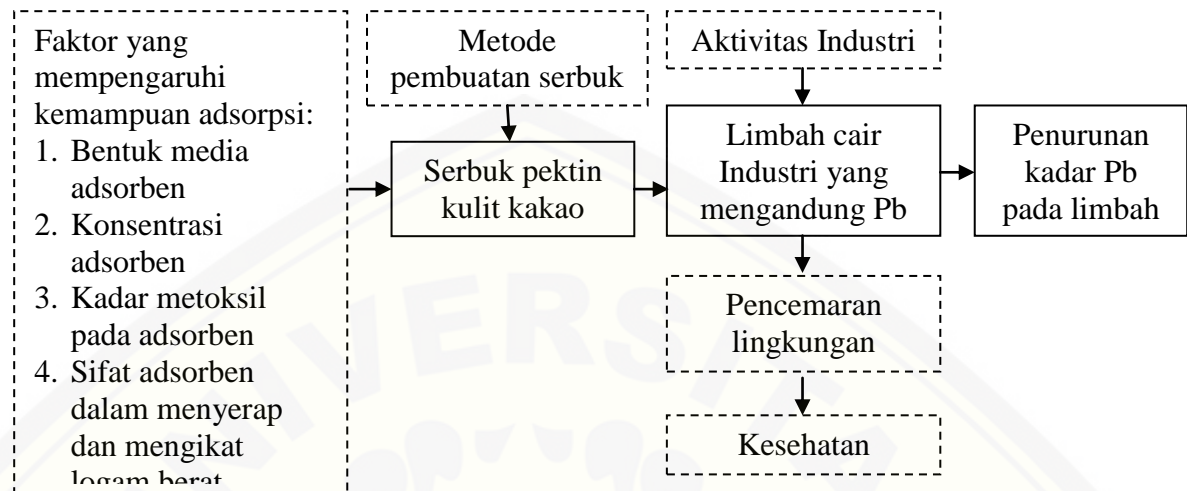
#### 2. Adsorpsi kimia

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 (Hasrianti, 2012).

Proses biosorpsi logam berat dengan adsorben hayati merupakan proses yang kompleks dan mekanismenya bisa bervariasi tergantung bahan baku adsorbennya. Bila didasarkan pada metabolisme sel, maka mekanismenya dapat dibagi menjadi adsorpsi yang tergantung pada metabolisme sel dan yang tidak tergantung pada metabolisme sel. Bila bahan bakubiosorpsi adalah dari limbah pertanian, maka mekanisme yang mungkin adalah yang tidak tergantung pada metabolisme sel. Mekanisme biosorpsi pada bahan-bahan ini umumnya didasarkan pada interaksi kimia fisika antara ion logam dengan gugus fungsional yang ada pada permukaan sel. Interaksi tersebut dapat berupa interaksi elektrostatik, *ion exchange* maupun pembentukan kompleks chelat. Sementara proses biosorpsi sendiri dapat dibagi dalam dua proses utama yaitu adsorpsi ion pada permukaan sel serta bioakumulasi sel adsorben (Kurniasari dkk, 2012).



## 2.10 Kerangka Konseptual



Keterangan:

———— = diteliti

----- = tidak diteliti

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 (Hasrianti, 2012). Penelitian ini mencoba menerapkan sebuah teknologi pengolahan pada limbah cair menggunakan metode adsorpsi dengan pemanfaatan limbah kulit kakao sebagai media adsorben. Kulit kakao yang dijadikan sebagai media adsorben diekstraksi untuk diambil zat pektin yang terkandung di dalamnya dalam bentuk serbuk.

Proses adsorpsi oleh adsorben dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya bentuk media adsorben, konsentrasi adsorben, kadar metoksil pada adsorben, sifat adsorben dalam menyerap dan mengikat logam berat, dan jenis adsorpsi pada adsorben (Hariyati, 2006, Arivoli, 2009, Ngandayani, 2011, Setyawan, 2013).

Adapun hasil akhir proses adsorpsi bahan pencemar ion Pb dari limbah cair dengan menggunakan serbuk pektin kulit kakao yaitu untuk menurunkan kadar Pb pada limbah cair. Serbuk pektin kulit kakao yang digunakan merupakan hasil ekstraksi dengan menggunakan pelarut HCl.



### 2.11 Hipotesis Penelitian

Adapun hipotesis penelitian ini adalah “Terdapat perbedaan kadar Pb antara kelompok kontrol dengan limbah cair yang diberi perlakuan penambahan konsentrasi serbuk pektin kulit kakao 100 mg/L, 300 mg/L, dan 600 mg/L selama 2 hari”.

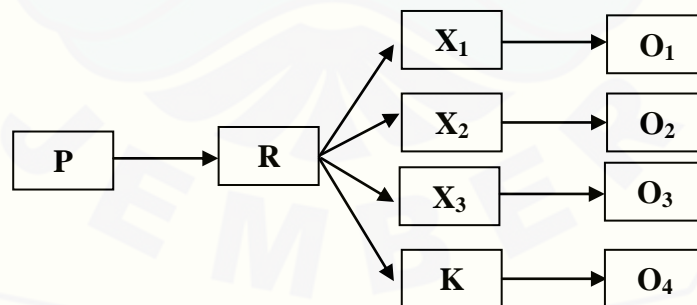


### BAB 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah *True Eksperimen* yaitu studi eksperimen yang dilakukan di laboratorium dengan menggunakan randomisasi. Percobaan ini berupa perlakuan atau intervensi terhadap suatu variabel. Dengan demikian, metode penelitian eksperimen ini dapat diartikan sebagai metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendali (Sugiyono, 2010).

Desain penelitian ini adalah *True Eksperimental Design* dengan bentuk *Posttest-Only Control Designs* dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Pada desain ini, terdapat empat kelompok yang masing-masing dipilih secara random (R), yaitu kelompok yang diberi perlakuan serbuk pektin kulit kakao 100 mg/l ( $X_1$ ), kelompok yang diberi perlakuan serbuk pektin kulit kakao 300 mg/l ( $X_2$ ), kelompok yang diberi perlakuan serbuk pektin kulit kakao 600 mg/l ( $X_3$ ), dan kelompok yang tidak diberi perlakuan disebut kelompok kontrol (K). Dalam penelitian dengan desain ini untuk melihat suatu pengaruh *treatment* dan dianalisis menggunakan uji beda (Sugiyono, 2010).



Gambar 3.1 Desain Penelitian

Keterangan :

- O : observasi
- P : populasi
- R : random

- K : kelompok kontrol  
 X<sub>1</sub> : adsorpsi dengan konsentrasi serbuk pektin kulit kakao 100 mg/l  
 X<sub>2</sub> : adsorpsi dengan konsentrasi serbuk p 28 kulit kakao 300 mg/l  
 X<sub>3</sub> : adsorpsi dengan konsentrasi serbuk pektin kulit kakao 600 mg/l

Dalam penelitian ini, untuk mengetahui keefektifan serbuk pektin kulit kakao terhadap penurunan kadar Pb. Penelitian dilakukan menggunakan RAL non faktorial yang terdiri dari 4 perlakuan dengan 6 kali pengulangan untuk masing-masing perlakuan. Jumlah pengulangan ditentukan berdasarkan perhitungan menurut Kemas (1995) dengan rumus :

$$(t-1)(r-1) \geq 15$$

$$(4-1)(r-1) \geq 15$$

$$3r - 3 \geq 15$$

$$3r \geq 18$$

$$r \geq 6$$

Keterangan :

- t : perlakuan, yaitu = 4  
 r : pengulangan, yaitu 6  
 15 : faktor nilai derajat kebebasan

Setelah ditetapkan jumlah t dan r, maka untuk menentukan RAL dibuat tabel dengan rumus r x t. Maka hasil RAL adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Tata Letak RAL Penelitian

Kontrol (tanpa perlakuan)	Perlakuan 1 (100 mg/l)	Perlakuan 2 (300 mg/l)	Perlakuan 3 (600 mg/l)
K1	X <sub>11</sub>	X <sub>21</sub>	X <sub>31</sub>
K2	X <sub>12</sub>	X <sub>22</sub>	X <sub>32</sub>
K3	X <sub>13</sub>	X <sub>23</sub>	X <sub>33</sub>
K4	X <sub>14</sub>	X <sub>24</sub>	X <sub>34</sub>
K5	X <sub>15</sub>	X <sub>25</sub>	X <sub>35</sub>
K6	X <sub>16</sub>	X <sub>26</sub>	X <sub>36</sub>

## **3.2 Tempat dan Waktu Penelitian**

### **3.2.1 Tempat Penelitian**

Tempat penelitian dilakukan di 3 tempat. Untuk pengambilan sampel limbah cair dilakukan di industri elektroplating X Kabupaten Jember, untuk pembuatan serbuk pektin kulit kakao dilakukan di Laboratorium Biokimia FTP UNEJ, dan untuk pengujian kadar Pb pada sampel dilakukan di Laboratorium Kimia FMIPA UNEJ.

### **3.2.2 Waktu Penelitian**

Waktu penelitian dilakukan pada bulan Juni-Desember 2014.

## **3.3 Objek Penelitian**

### **3.3.1 Sampel Penelitian**

Objek yang diambil dalam penelitian ini adalah limbah cair elektroplating yang mengandung Pb yang dicampur dengan serbuk pektin kulit kakao sebagai media adsorben logam Pb. Jumlah objek sebanyak 24 sampel. Pektin yang digunakan dalam penelitian ini merupakan hasil ekstraksi kulit kakao dalam bentuk serbuk. Variasi konsentrasi serbuk pektin yang digunakan dalam penelitian ini, yakni sebanyak 100 mg/l, 300 mg/l, dan 600 mg/l. Adapun penentuan variasi kadar serbuk pektin kulit kakao yang digunakan berdasarkan penelitian sebelumnya yang hampir sama oleh Moelyaningrum (2012) untuk menguji kemampuan adsorben limbah kulit kakao tanpa proses modifikasi zat kimia untuk menurunkan kadar Pb pada air limbah. Variasi konsentrasi kulit kakao dalam penelitian ini adalah 100 gr/L, 300 gr/L, dan 600 gr/L.

Perubahan satuan konsentrasi dari gr menjadi mg dikarenakan perbedaan bahan yang digunakan. Dalam penelitian Moelyaningrum menggunakan bahan penelitian berupa serbuk kulit kakao sedangkan dalam penelitian ini, pektin yang digunakan diperoleh dari hasil ekstraksi kulit kakao. Perbedaan bahan ini menjadi pertimbangan dalam perubahan konsentrasi yang digunakan.

Adapun lama kontak dalam penelitian ini juga didasarkan pada penelitian Moelyaningrum (2012). Hal ini didasarkan karena proses pengikatan logam berat, khususnya Pb, membutuhkan waktu yang relatif lama. Atas dasar inilah, lama kontak yang digunakan dalam penelitian ini yakni selama 2 hari.

### 3.3.2 Teknik Pengambilan Sampel

Teknik sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan *Grab Samples*, yaitu air limbah yang diambil sesaat pada satu lokasi tertentu. Sesuai dengan SNI 6989.59:2008 tentang Air dan Air Limbah Bagian 59; metode pengambilan contoh air limbah, yaitu untuk industri yang belum memiliki IPAL dan tidak terdapat bak ekualisasi, maka pengambilan sampel dapat dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah dengan cara sesaat (*grab samples*).



Gambar 3.2 Tempat Pengambilan Sampel

### 3.4 Variabel dan Definisi Operasional

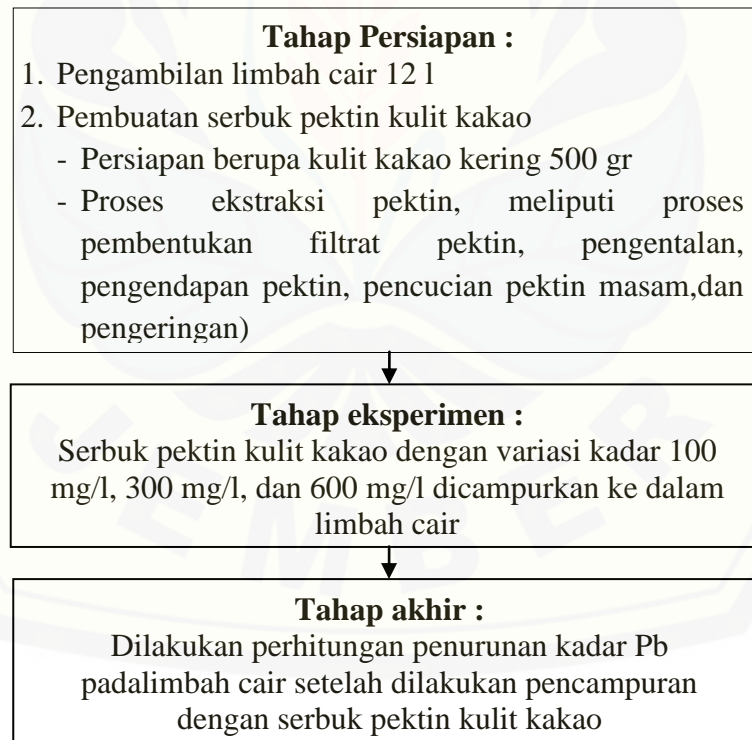
Variabel adalah suatu yang digunakan sebagai ciri, sifat, atau ukuran yang dimiliki atau didapatkan oleh satuan penelitian tentang suatu konsep penelitian tertentu. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kadar Pb pada limbah cair sedangkan variabel bebas dalam penelitian ini yaitu penggunaan serbuk pektin kulit kakao dengan variasi konsentrasi 100 mg/l, 300 mg/l, dan 600 mg/l. Definisi operasional variabel-variabel tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2 Variabel, Definisi Operasional, Skala Data, Cara Pengukuran, dan Satuan

Variabel	Definisi Operasional	Skala Data	Cara Pengukuran	Satuan
Kadar Pb	Jumlah logam berat Pb dalam air yang dinyatakan dengan satuan mg/l	Rasio	Spektrofotometri	mg/l
Serbuk Pektin Kulit Kakao	Serbuk yang diperoleh dari hasil ekstraksi pektin pada kulit kakao kab. Jember menggunakan larutan alkohol dan HCl. Adapun variasi konsentrasi serbuk pektin kulit kakao yang digunakan dalam penelitian ini adalah 100 mg/l, 300 mg/l, dan 600 mg/l.	Rasio	Timbangan analitik	mg/l

### 3.5 Alur Penelitian

Rancangan penelitian pada percobaan ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.3 Alur Penelitian



### 3.6 Prosedur Kerja

#### 3.6.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

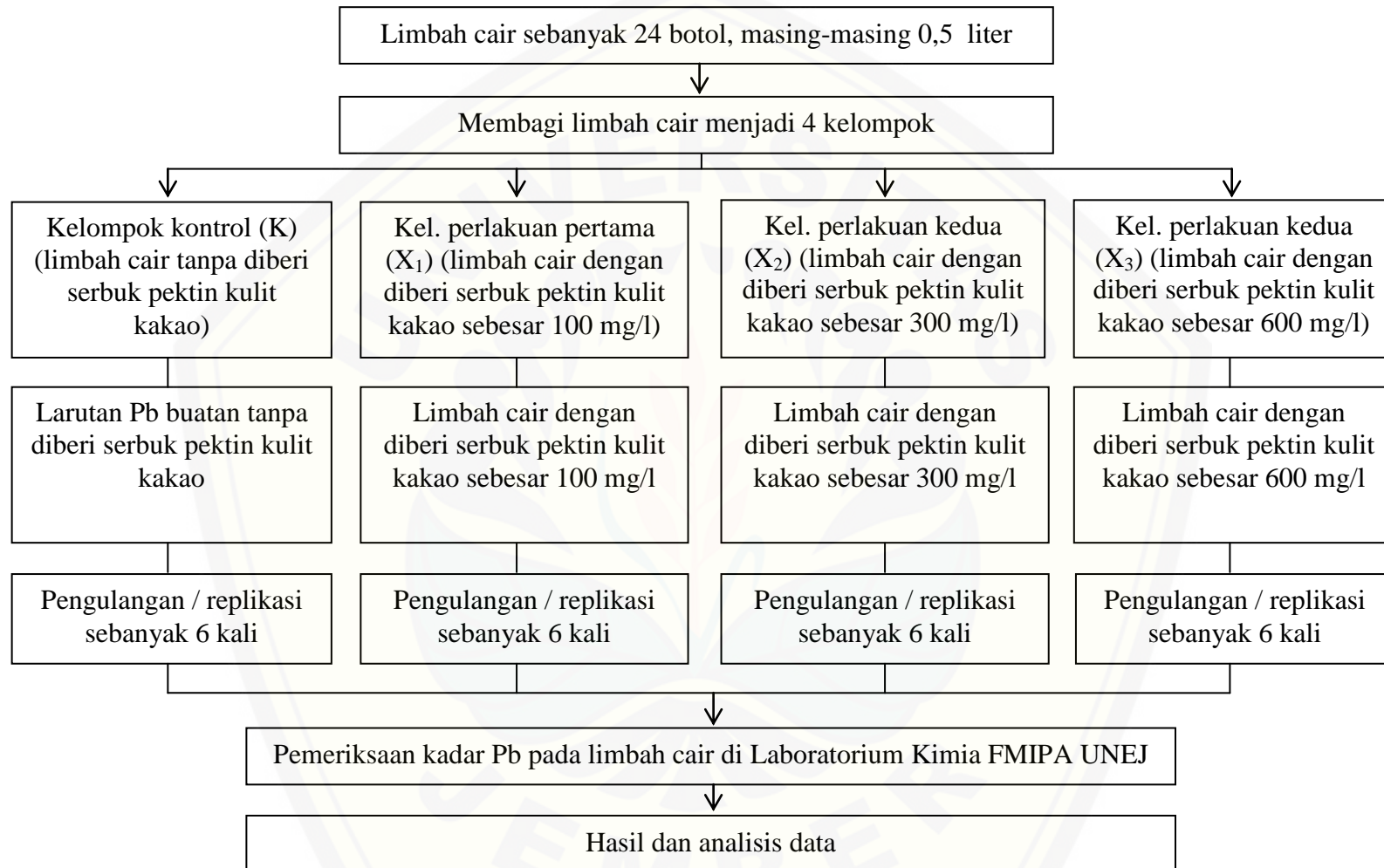
1. Botol air mineral
2. Water Bath
3. Gelas beaker
4. Pengaduk kaca
5. Gelas ukur
6. Timbangan analitik
7. Corong Buchner
8. Kertas Penyaring
9. Centrifuge dan tabung centrifuge
10. Alat tulis

#### 3.6.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Bahan dalam pembuatan serbuk pektin kulit kakao:
  - a. Kulit kakao kering sebanyak 0,5 kg
  - b. Air dingin
  - c. Akuades
  - d. Alkohol 96%
  - e. HCl 5%
2. Bahan yang digunakan untuk pengujian kadar Pb pada sampel:
  - a. Akuades
  - b. Asam nitrat  $\text{HNO}_3$
  - c. Larutan standar logam timbal  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
  - d. Gas asetilen  $\text{C}_2\text{H}_2$

3.6.3 Prosedur Kerja Penelitian



Gambar 3.4 Prosedur Kerja Penelitian

### 3.7 Cara Kerja Penelitian

Cara pembuatan serbuk pektin kulit kakao:

1. Persiapan bahan
  - a. Kulit buah cokelat dibersihkan dari kotoran-kotoran
  - b. Kulit cokelat yang telah dibersihkan digiling dengan blender dengan menambahkan larutan alkohol 96% dengan perbandingan 1:2 atau tanpa alkohol dan juga ditambah air dengan perbandingan 4:1
  - c. Hasil yang diperoleh disebut dengan bubur kulit cokelat
  - d. Sebelum diolah lebih lanjut, bubur ini didiamkan selama 30 menit
2. Ekstraksi pektin
  - a. Pembuatan filtrat pektin
    1. Bubur cokelat ini ditambah dengan larutan HCl 5% dengan pH 1,7.
    2. Hasil yang diperoleh disebut dengan bubur asam
    3. Bubur asam dipanaskan sampai suhu 80°C sambil diaduk selama waktu 2 jam
    4. Bubur asam yang telah dipanaskan, disaring dengan saringan penghisap untuk memisahkan filtratnya.
    5. Filtrat ini disebut filtrat pektin
  - b. Pengentalan
    1. Filtrat pektin dipanaskan pada suhu 95-97°C sambil diaduk sampai volumenya menjadi setengah volume semula.
    2. Hasil yang diperoleh disebut dengan filtrat pekat.
    3. Filtrat pekat ini didinginkan
  - c. Pengendapan pektin
    1. Penyiapan larutan pengendap.
    2. Larutan alkohol 96% diasamkan dengan menambahkan 2 ml HCl pekat. Larutan ini disebut dengan alkohol asam.

3. Filtrat pekat ditambah dengan alkohol asam dan diaduk sampai rata.  
Setiap 1 liter filtrat pekat ditambah dengan 1,5 liter alkohol asam.
  4. Filtrat didiamkan selama 10-14 jam (semalam)
  5. Endapan pektin dipisahkan dari filtratnya dengan saringan penghisap
  6. Hasil yang diperoleh disebut dengan pektin masam
- d. Pencucian Pektin Masam
1. Pektin masam ditambah dengan alkohol 96% kemudian diaduk
  2. Kemudian dilakukan pengendapan dengan menggunakan centrifuge
  3. Hal ini dilakukan beberapa kali sampai pektin tidak bereaksi dengan asam lagi
  4. Pektin yang tidak beraksi asam ialah pektin yang tidak berwarna merah bila ditambah dengan indikator phenol phtalein (indikator PP)
- e. Pengeringan
1. Pektin basa dikeringkan pada suhu 30-40<sup>o</sup>C selama 6-10 jam
  2. Hasil yang diperoleh disebut dengan serbuk pektin.

### 3.8 Data dan Sumber Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dari objek penelitian, baik benda maupun orang sedangkan data sekunder adalah data yang di peroleh secara tidak langsung dari dokumen dan sumber informasi lainnya. (Universitas Jember, 2009).

#### 3.8.1 Data Primer

Data primer dalam penelitian ini berupa hasil pemeriksaan kadar Pb pada limbah cair yang belum mendapat perlakuan dan yang sudah mendapat perlakuan penambahan serbuk pektin kulit kakao dengan variasi konsentrasi yang berbeda dalam masing-masing sampel.

### 3.8.2 Data sekunder

Data sekunder di peroleh melalui studi kepustakaan dan data yang diperoleh dari instansi seperti dinas kesehatan atau pihak lain sebagai penunjang penelitian ini.

## 3.9 Teknik dan Intrumen Pengumpulan Data

Data diperoleh dengan cara observasi yaitu kegiatan pemantauan perhatian terhadap suatu objek dengan menggunakan seluruh alat indera (Arikunto, 2006). Pemantauan dilakukan dengan melakukan pengukuran kadar Pb pada limbah cair sebelum dan sesudah mendapat perlakuan penambahan serbuk pektin kulit kakao di laboratorium.

## 3.10 Teknik Penyajian dan Analisis Data

Teknik penyajian dan analisis data ialah uraian tentang cara pengkajian dan mengolah data awal dan data mentah sehingga menjadi data atau informasi (data jadi) dan uraian tentang cara analisisnya (Universitas Jember, 2010). Teknik pengolahan dan penyajian data pada penelitian ini adalah dengan cara tabulasi dimana menggunakan skala numerik.

Teknik analisis data penelitian ini menggunakan analisis deskriptif dan analitik. Analisis deskriptif menggambarkan hasil uji laboratorium. Data disajikan secara deskriptif dan dalam bentuk grafik. Uji statistik dilakukan untuk melihat perbedaan pemberian serbuk pektin kulit kakao terhadap penurunan kadar Pb pada limbah cair yang tidak diberi serbuk pektin kulit kakao dengan limbah cair yang diberi serbuk pektin kulit kakao. Uji statistik dilakukan dengan menggunakan uji anova satu arah (*one way anova*). Uji *one way anova* merupakan uji yang digunakan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan antara variabel bebas dengan satu variabel terikat (Kuswadi dan Mutiara, 2004). Uji *One way anova* di lakukan dengan menggunakan SPSS dengan menggunakan interval kepercayaan 95% atau *level of significancy* 5% untuk melihat perbedaan masing-masing variabel bebas terhadap variabel terikat.



Adapun langkah-langkah dalam prosedur uji *One Way Anova* adalah:

1. Tes Homogenitas Varians

Asumsi dasar dari analisis ANOVA adalah seluruh kelompok penelitian harus memiliki varian yang sama. Hipotesis yang digunakan dalam tes homogenitas varian adalah;

Jika  $F_{hitung} > F_{tabel 0,05}$ , maka seluruh varian populasi adalah sama

Jika  $F_{hitung} < F_{tabel 0,05}$ , maka seluruh varian populasi adalah berbeda

2. Uji F

Uji analitik yang digunakan untuk menguji hipotesis nol bahwa semua kelompok mempunyai *mean* populasi yang sama adalah uji F. Harga F diperoleh dari rata-rata jumlah kuadrat *mean square* antara kelompok yang dibagi dengan rata-rata jumlah kuadrat dalam kelompok.

Hipotesis yang digunakan dalam pengujian ANOVA adalah:

$H_0$  : diduga bahwa seluruh kelompok memiliki rata-rata populasi yang sama

$H_1$  : diduga bahwa seluruh kelompok memiliki rata-rata populasi yang berbeda

Dasar dari pengambilan keputusan adalah:

Jika  $F_{hitung} > F_{tabel 0,05}$ , maka  $H_0$  diterima

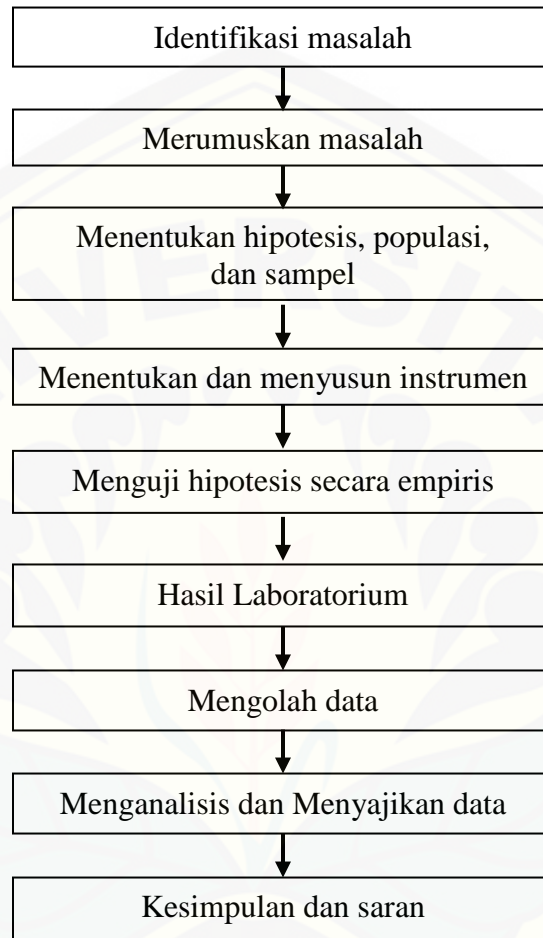
Jika  $F_{hitung} < F_{tabel 0,05}$ , maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima (Ghozali, 2009)

3. Tes Post Hoc (*Post Hoc Test*)

Pengujian ANOVA (*F test*) telah diketahui bahwa secara umum seluruh kelompok memiliki perbedaan (tidak sama). Untuk mengetahui lebih lanjut perbedaan yang terjadi antar kelompok, maka digunakan *Post Hoc Test* dengan menggunakan salah satu fungsi *Tukey* (Ghozali, 2009).



### 3.11 Prosedur Penelitian



Gambar 3.5 Prosedur Penelitian