



**PENURUNAN KADAR LOGAM TIMBAL PADA LIMBAH CAIR  
PERCETAKAN DENGAN ZEOLIT ALAM TERAKTIVASI  
(STUDI PADA LIMBAH CAIR PERCETAKAN X JEMBER)**

**SKRIPSI**

Oleh

**Wita Nurcahyaningih Agustin Iswanto**

**NIM 122110101125**

**BAGIAN KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KESELAMATAN KERJA  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS JEMBER  
2016**



**PENURUNAN KADAR LOGAM TIMBAL PADA LIMBAH CAIR  
PERCETAKAN DENGAN ZEOLIT ALAM TERAKTIVASI  
(STUDI PADA LIMBAH CAIR PERCETAKAN X JEMBER)**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Kesehatan Masyarakat (S-1) dan mencapai gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat

Oleh

**Wita Nurcahyaningih Agustin Iswanto**

**NIM 122110101125**

**BAGIAN KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KESELAMATAN KERJA  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS JEMBER  
2016**

## PERSEMBAHAN

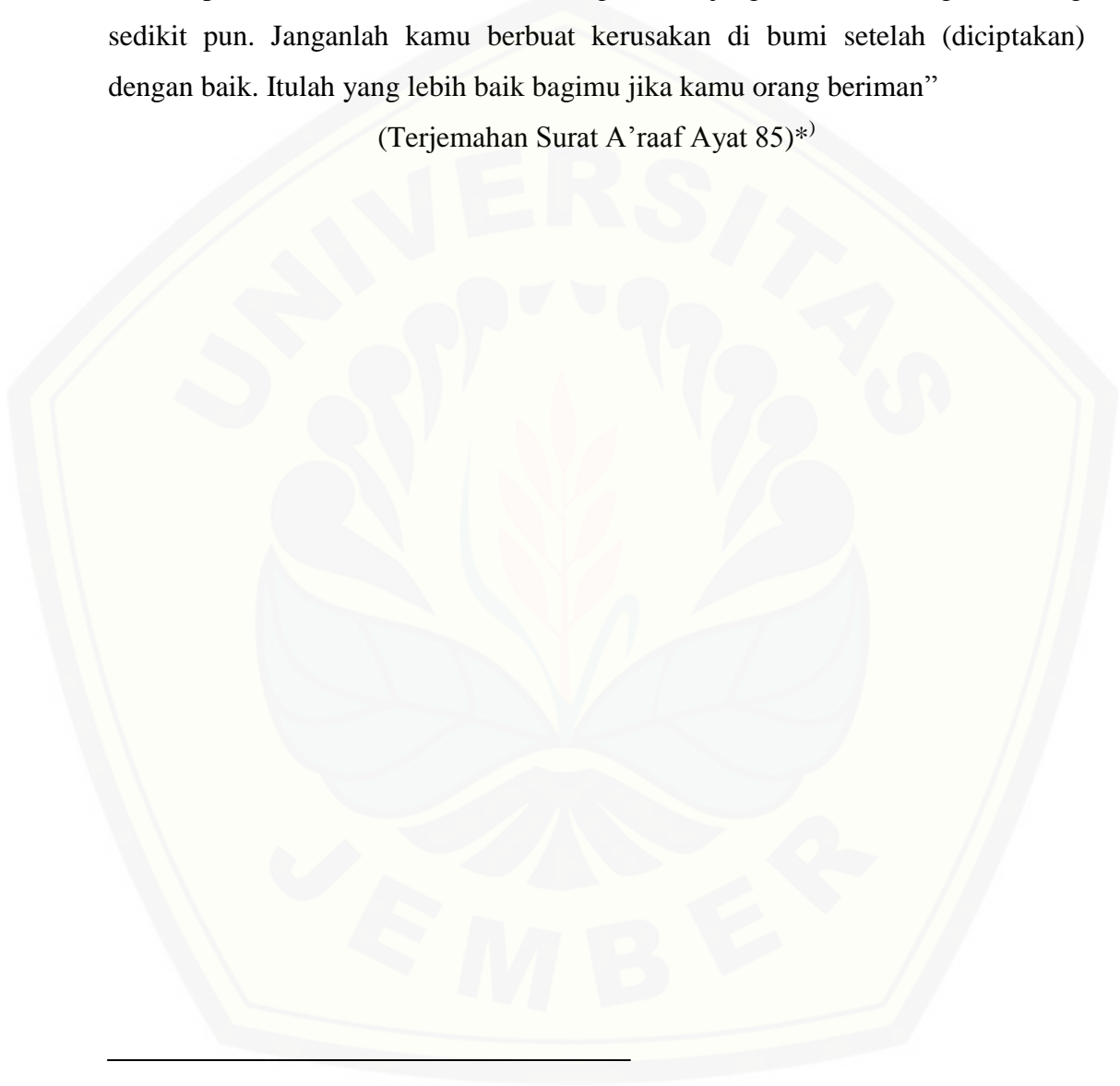
Dengan Menyebut nama Allah SWT Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, skripsi ini penulis persembahkan kepada

1. Kedua orang tua tercinta, Ayahanda Drs. H. Taufik Iswanto dan Ibunda Dra. Hj. Wike Sudiyah yang telah memberikan kasih sayang, limpahan doa, dukungan serta pengorbanan yang tiada tara
2. Adik tercinta saya, Nadea Yulinar Wahyu N.I yang telah memberikan doa, dukungan serta motivasi
3. Kedua kakek dan nenek yang telah bahagia di surga, H. Soediwadji, H. Nahrawi, Hj. Soepiyati, Hj. Siti Fatimah yang pasti selalu mendoakan dari alam yang berbeda
4. Seluruh Keluarga besar yang telah banyak memberikan doa, perhatian dan motivasi yang tiada tara
5. Semua guru mulai dari TK Cut Nyak Dien, SDN Karangrejo III, SMPN 3 Jember, SMAN 4 Jember yang sangat berjasa karena telah mendidik dan mengajarkan banyak hal , terima kasih yang tak terduga atas semua yang telah diajarkan dan diberikan
6. Almamater Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember yang telah memberikan banyak pelajaran

**MOTTO**

“....Sempurnakanlah takaran dan timbangan, dan jangan kamu merugikan orang sedikit pun. Janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah (diciptakan) dengan baik. Itulah yang lebih baik bagimu jika kamu orang beriman”

(Terjemahan Surat A'raaf Ayat 85)\*)



---

\*) (Surat A'raaf Ayat 85) Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. AlQur'an dan Terjemahannya. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wita Nurcahyaningih Agustin Iswanto

NIM : 122110101125

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul *Penurunan Kadar Logam Timbal Pada Limbah Cair Percetakan Dengan Zeolit Alam Teraktivasi (Studi Pada Limbah Cair Percetakan X Jember)* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi 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, 21 September 2016

Yang menyatakan,

Wita Nurcahyaningih A.I

NIM. 122110101125

**SKRIPSI**

**PENURUNAN KADAR LOGAM TIMBAL PADA LIMBAH CAIR  
PERCETAKAN DENGAN ZEOLIT ALAM TERAKTIVASI  
(STUDI PADA LIMBAH CAIR PERCETAKAN X JEMBER)**

Oleh

Wita Nurcahyaningih Agustin Iswanto

NIM. 122110101125

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Rahayu Sri Pujiati, S.KM., M.Kes

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul Penurunan Kadar Logam Timbal Pada Limbah Cair Percetakan Dengan Zeolit Alam Teraktivasi (Studi Pada Limbah Cair Percetakan X Jember) telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember pada :

Hari : Jum'at  
tanggal : 7 Oktober 2016  
tempat : Ruang Ujian Skripsi Lantai 2

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris

Andrei Ramani, S.KM., M.Kes.

Ellyke, S.KM., M.KL.

NIP. 198008252006041005

NIP. 198104292006042002

Anggota

Neni Suharno Putri, S.T

NIP. 198309122006042018

Mengesahkan

Dekan,

Irma Prasetyowati, S.KM., M.Kes.

NIP. 198005162003122002

## RINGKASAN

**Penurunan Kadar Logam Timbal Pada Limbah Cair Percetakan Dengan Zeolit Alam Teraktivasi (Studi Pada Limbah Cair Percetakan X Jember);**  
Wita Nurcahyaningih A.I; 122110101125. 84 halaman; Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember

Industri percetakan saat ini terus berkembang. Limbah industri percetakan bisa dalam bentuk cair maupun padat. Limbah cair industri percetakan memiliki potensi untuk mencemari lingkungan air dan tanah dengan cara melepaskan nitrat dan logam-logam berat. Limbah cair percetakan selama ini tidak diberi perhatian khusus. Hal ini dikarenakan limbah yang dihasilkan tidak terlalu banyak dan efek bagi lingkungan tidak begitu berarti. Logam berat tersebut antara lain Timbal (Pb), Krom (Cr), Cobalt (Co), Mangan (Mn) dan Timah (Sn). Timbal adalah logam toksik yang bersifat kumulatif sehingga mekanisme toksitasnya dibedakan menurut beberapa organ yang dipengaruhi, yaitu sistem hemopoetik, sistem saraf pusat dan tepi, sistem ginjal, sistem kardiovaskular, dan sistem reproduksi. Limbah percetakan ini didapatkan dari proses pra cetak dan proses pembasah sebelum pracetak. Pada proses pracetak bahan yang terkandung adalah air, *gum*, *repleniser*, kikisan *plate*, cairan *developer*. Sedangkan untuk proses pembasah bahan yang terkandung adalah air, *fountain solution* (campuran minyak dan tinta). Metode penelitian ini adalah *true eksperimental*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penurunan kadar Pb dengan menggunakan zeolit alam teraktivasi. Zeolit merupakan salah satu adsorben alternatif yang memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi karena memiliki pori yang banyak dan dapat diaplikasikan pada rentang suhu yang luas sehingga sangat cocok digunakan sebagai adsorben. Tahap pertama adalah membuat zeolit alam menjadi ukuran yang sama besar yaitu 40 mesh kemudian diaktivasi secara kimia menggunakan



larutan asam  $H_2SO_4$ . Terdapat empat kelompok, dimana masing-masing kelompok terdiri dari 6 replikasi. Kelompok pertama yaitu kelompok kontrol, kelompok kedua yaitu penambahan zeolit alam teraktivasi 15 gr/l ( $X_1$ ), kelompok ketiga yaitu penambahan zeolit alam teraktivasi 30 gr/l ( $X_2$ ), dan kelompok keempat yaitu penambahan zeolit alam teraktivasi 60 gr/l ( $X_3$ ). Lama waktu pengontakan zeolit alam teraktivasi pada limbah cair industri percetakan adalah selama 60 menit dengan kecepatan pengadukan sebesar 600 rpm. Hasil penelitian dilakukan uji normalitas kemudian dilakukan uji anova. Hasil uji *one way anova* dengan  $\alpha = 0,05$  menunjukkan bahwa tingkat signifikansi sebesar 0,035, artinya seluruh kelompok perlakuan memiliki rata-rata populasi yang berbeda, baik pada kelompok kontrol, kelompok  $X_1$ ,  $X_2$ , dan  $X_3$ . Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelompok penambahan zeolit alam teraktivasi sebanyak 60 gr/l memiliki penurunan kadar Pb tertinggi daripada kelompok lainnya yaitu dengan persentase sebesar 52 %. Saran bagi pihak industri percetakan adalah bisa menggunakan zeolit alam teraktivasi untuk menurunkan kadar Pb limbah cair percetakan sebelum dibuang ke lingkungan. Saran bagi peneliti selanjutnya bisa menggunakan ukuran zeolit yang lebih kecil serta mengontrol pH dan suhu.

**SUMMARY**

***Decrease Lead Levels In Waste Water Metal Printing With Activated Zeolite (Study on Waste Water Printing X Jember); Wita Nurcahyaningsih A.I; 122110101125. 84 pages; Environmental Health and Safety Health of Public Health, University of Jember.***

*The printing industry is currently growing. Waste printing industry can be in liquid or solid form. Liquid waste printing industry has the potential to pollute the environment and ground water by removing nitrates and heavy metals. Liquid waste printing has not given special attention. This is because the waste generated is not too much and the effect on the environment is not so meaningful. Heavy metals include lead (Pb), chromium (Cr), Cobalt (Co), manganese (Mn) and tin (Sn). , Lead is a toxic metal that is cumulative so that the mechanism toxicity differentiated according to several organs it affects, namely hemopoietik system, central nervous system and the waterfront, the renal system, cardiovascular system, and reproductive system. Printing waste is collected from pre-press processes and wetting process before precast. In the process of precast material contained is water, gum, repleniser, scraping plate, a liquid developer. As for the process of wetting the ingredients are water, fountain solution (a mixture of oil and ink). This research method is the true experimental. This study aimed to analyze the decreased levels of Pb by using natural zeolite activated. Zeolite adsorbent is one alternative that has a high adsorption capability because it has many pores and can be applied to a wide temperature range making it very suitable for use as an adsorbent. The first stage is made of natural zeolite into the same size is 40 mesh and then activated chemically using H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> acid solution. There are four groups, with each group consisting of 6 replication. The first group is the control group, the second group is the addition of activated natural*

zeolite 15 gr / l ( $X_1$ ), the third group is the addition of activated natural zeolite 30 g / l ( $X_2$ ), and the fourth group is the addition of activated natural zeolite 60 gr / l ( $X_3$ ). The length of time contacting the natural zeolite activated in the printing industry wastewater is over 60 minutes with a stirring speed of 600 rpm. Results of research normality test later conducted ANOVA test. The test results one way ANOVA with  $\alpha = 0.05$  indicates that the significance level of 0.035, meaning that the entire treatment group had an average of different populations, both in the control group, the group  $X_1$ ,  $X_2$ , and  $X_3$ . The results showed that the addition of natural zeolite activated group of 60 gr / l had the highest lead levels decrease than other groups ie with a percentage of 52%. Suggestions for the printing industry is able to use natural zeolite activated to reduce levels of Pb printing waste water before discharge into the environment. Suggestions for further research could use smaller sized zeolite and control of pH and temperature.

## PRAKATA

Segala puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan hidayah dan inayah-Nya berupa kesehatan, kemampuan berfikir serta analisis sehingga dapat terwujud proposal skripsi yang berjudul Penurunan Kadar Logam Timbal Pada Limbah Cair Percetakan Dengan Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi (Studi Pada Limbah Cair Percetakan X Jember). Proposal skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) pada Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih dan memberikan penghargaan setinggi-tingginya kepada **Ibu Anita Dewi Moelyaningrum, S.KM., M.Kes** selaku dosen Pembimbing Utama dan **Ibu Rahayu Sri Pujiati, S.KM., M.Kes** selaku dosen Pembimbing Anggota yang telah banyak memberikan bimbingan, penghargaan, koreksi, motivasi, pemikiran, saran dan perhatian serta meluangkan waktunya sehingga proposal skripsi ini dapat disusun dan terselesaikan dengan baik

Proposal skripsi ini tidak mungkin terwujud tanpa adanya komitmen dan kerja sama yang baik diantara para pihak yang terlibat. Pada kesempatan ini, penulis selaku penyusun menyampaikan terimakasih kepada :

1. Ibu Irma Prasetyowati, S.KM., M.Kes selaku dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat
2. Bapak Andrei Ramani, S.KM., M.Kes dan Ibu Ellyke S.KM., M.KL yang telah bersedia menjadi ketua dan sekretaris penguji untuk skripsi saya
3. Ibu Neni Suharno Putri, S.T (KLH Jember) yang telah bersedia menjadi anggota penguji untuk skripsi saya
4. Seluruh Bapak Ibu dosen Fakultas Kesehatan Masyarakat yang telah banyak memberikan ilmu dan pelajaran
5. Pihak Industri Percetakan X Jember yang telah membantu memberikan sampel limbah cair percetakan

6. Kedua orang tua tercinta, Ayahanda Drs. H. Taufik Iswanto dan Ibunda Dra. Hj. Wike Sudiyah yang telah memberikan kasih sayang, limpahan doa, dukungan serta pengorbanan yang tiada tara
7. Adik tercinta saya, Nadea Yulinar Wahyu N.I yang telah memberikan doa, dukungan serta motivasi
8. Kedua kakek dan nenek yang telah bahagia di surga, H. Soediwadji, H. Nahrawi, Hj.Soepiyati, Hj.Siti Fatimah yang pasti selalu mendoakan dari alam yang berbeda
9. Seluruh Keluarga besar yang telah banyak memberikan doa, perhatian dan motivasi yang tiada tara
10. Semua guru dari TK Cut Nyak Dien, SDN Karangrejo III, SMPN 3 Jember, SMAN 4 Jember yang telah mengajarkan banyak hal
11. Naila Hijrotin Nafisah dan Rica Novi Pamungkas, sahabat yang selalu mendukung saya dalam hal apapun
12. Sahabat saya Puput Baryatik yang telah memberikan bantuan dari awal sampai akhir hingga skripsi ini selesai
13. Sahabat Geng Dewi Febrina, Puput Baryatik, Wahyu Murvy D.O, Riski Wahyu R dan Charisma Chandra yang telah banyak memebrikan motivasi
14. Teman-teman Peminatan Kesehatan Lingkungan Angga, Fihris, Puput, Iil, Andi, Ali, Rizal, Nita, Betari, Uswah, Rera, Gita, Dika, Ema, Indah, April Ananta, Risyah, Elba, Wildan, Adit, Osi, Anggi, April WS, Indri
15. Teman-teman PBL Kelompok 11 Alfian, Imus, Firta, Juli, Winda, Leidy, Mifta, Defi, Eva, Dewi, Alam, Heri, Risyah.
16. Seluruh pihak dan teman-teman Efkaemrolas yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan makalah ini. Akhirnya, penulis berharap makalah ini dapat bermanfaat untuk semua.

Jember, Oktober 2016

Penulis

**DAFTAR ISI**

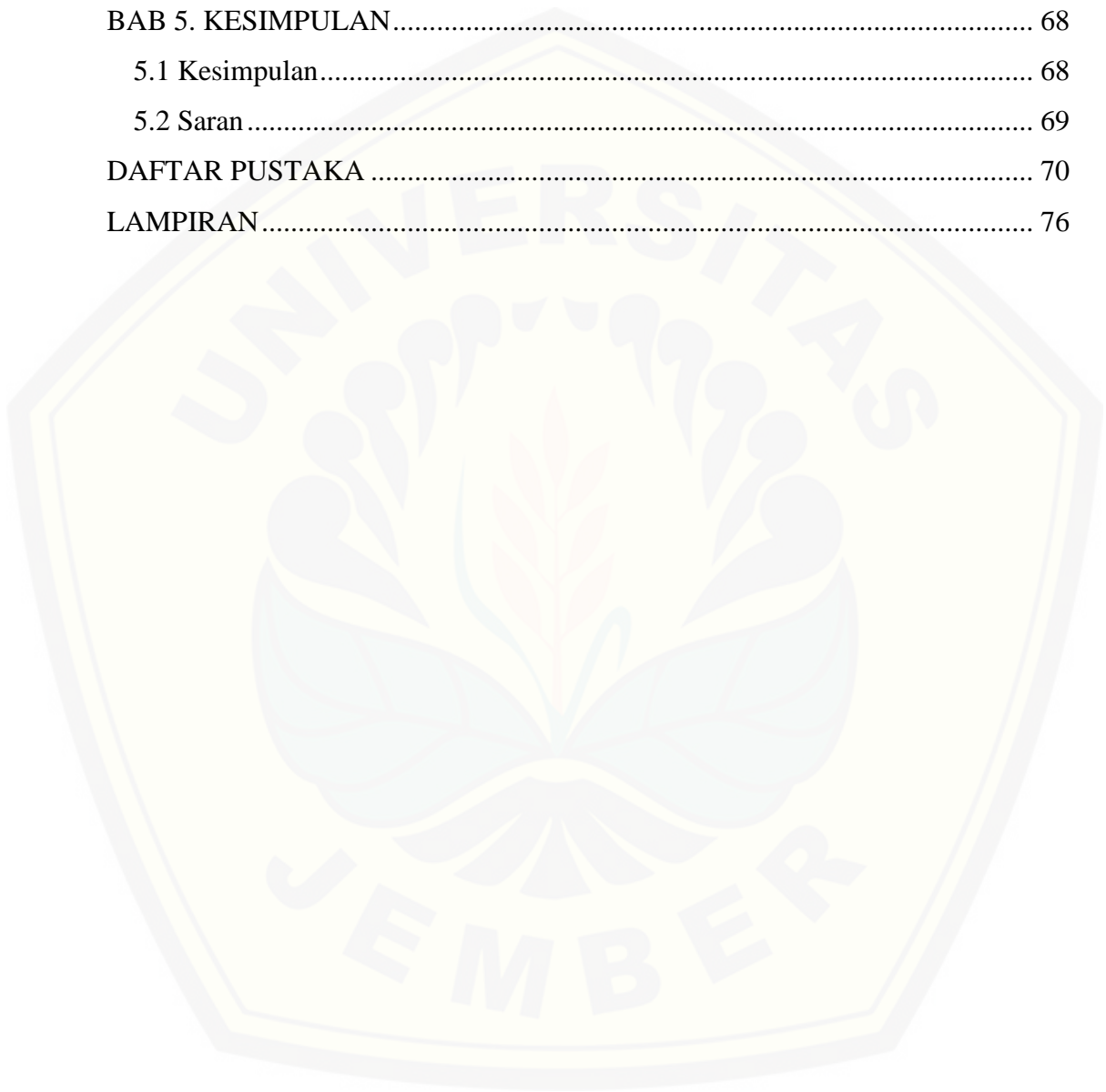
HALAMAN SAMPUL .....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN MOTTO .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN .....	v
HALAMAN PEMBIMBING.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN .....	viii
<i>SUMMARY</i> .....	x
PRAKATA.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR GAMBAR .....	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xx
DAFTAR SINGKATAN .....	xxi
DAFTAR LAMBANG .....	xxii
BAB 1. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan.....	4
1.3.1 Tujuan Umum.....	4
1.3.2 Tujuan Khusus .....	5
1.4 Manfaat.....	5
1.4.1 Manfaat Teoritis.....	5
1.4.2 Manfat Praktis.....	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Percetakan .....	7
2.1.1 Karakteristik percetakan .....	7

2.1.2 Sejarah Percetakan .....	8
2.1.3 Jenis Percetakan .....	9
2.1.4 Proses Percetakan .....	9
2.1.5 Komponen Tinta pada Percetakan Koran .....	11
2.1.6 Tinta koran .....	12
2.2 Pencemaran dan Lingkungan .....	13
2.2.1 Pencemaran Air .....	14
2.3 Limbah .....	15
2.4 Logam Berat .....	16
2.4.1 Logam dalam sistem perairan .....	17
2.4.2 Logam pada air tawar dan air laut .....	17
2.4.3 Pengangkutan dan transformasi logam Berat di dalam biota .....	18
2.4.4 Toleransi terhadap logam .....	19
2.4.5 Pengaruh toksik terhadap individu .....	19
2.4.6 Pengaruh toksik terhadap lingkungan .....	20
2.5 Timbal (Pb) .....	20
2.5.1 Definisi .....	21
2.5.2 Baku Mutu Timbal di Perairan .....	22
2.5.3 Toksisitas .....	22
2.5.4 Penanganan pencemaran timbal .....	24
2.6 Adsorpsi .....	24
2.7 Zeolit .....	26
2.7.1 Sifat-sifat zeolit .....	26
2.7.2 Jenis – jenis zeolit .....	29
2.7.3 Penggunaan Zeolit .....	32
2.8 Kerangka Teori .....	34
2.9 Kerangka Konseptual .....	35
2.11 Hipotesis .....	37
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>38</b>
3.1 Jenis Penelitian .....	38
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....	40

3.2.1 Tempat Penelitian .....	40
3.2.2 Waktu Penelitian.....	40
3.3 Objek dan Replikasi .....	40
3.3.1 Objek.....	40
3.3.2 Replikasi .....	41
3.4 Identifikasi Variabel, Definisi Operasional, Cara Pengukuran, Hasil Pengukuran dan Skala Data.....	42
3.4.1 Variabel Penelitian.....	42
3.4.2 Definisi Operasional, Cara Pengukuran dan Skala Data .....	42
3.5 Teknik dan Alat Pengumpul Data .....	44
3.5.1 Teknik pengumpul data .....	44
3.5.2 Alat pengumpul data.....	44
3.6 Alat dan Bahan Penelitian .....	44
3.6.1 Alat.....	44
3.6.2 Bahan .....	45
3.7 Prosedur Penelitian.....	45
3.8 Kerangka Alur Prosedur Operasional.....	49
3.9 Jenis dan Sumber Data .....	50
3.9.1 Data Primer .....	50
3.9.2 Data Sekunder.....	50
3.10 Teknik Penyajian dan Analisis Data .....	50
3.10.1 Teknik Penyajian Data.....	50
3.10.2 Teknik Analisis Data .....	50
3.11 Kerangka Alur Penelitian .....	52
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>53</b>
4.1 Hasil.....	53
4.1.1 Hasil Kadar Pb pada Limbah Cair Percetakan.....	53
4.1.2 Rerata Perlakuan Penambahan Zeolit Alam Teraktivasi pada Limbah Cair Industri Percetakan .....	57
4.1.3 Perbedaan Penambahan Zeolit Alam Teraktivasi terhadap Penurunan Kadar Pb Limbah Cair Industri Percetakan.....	58

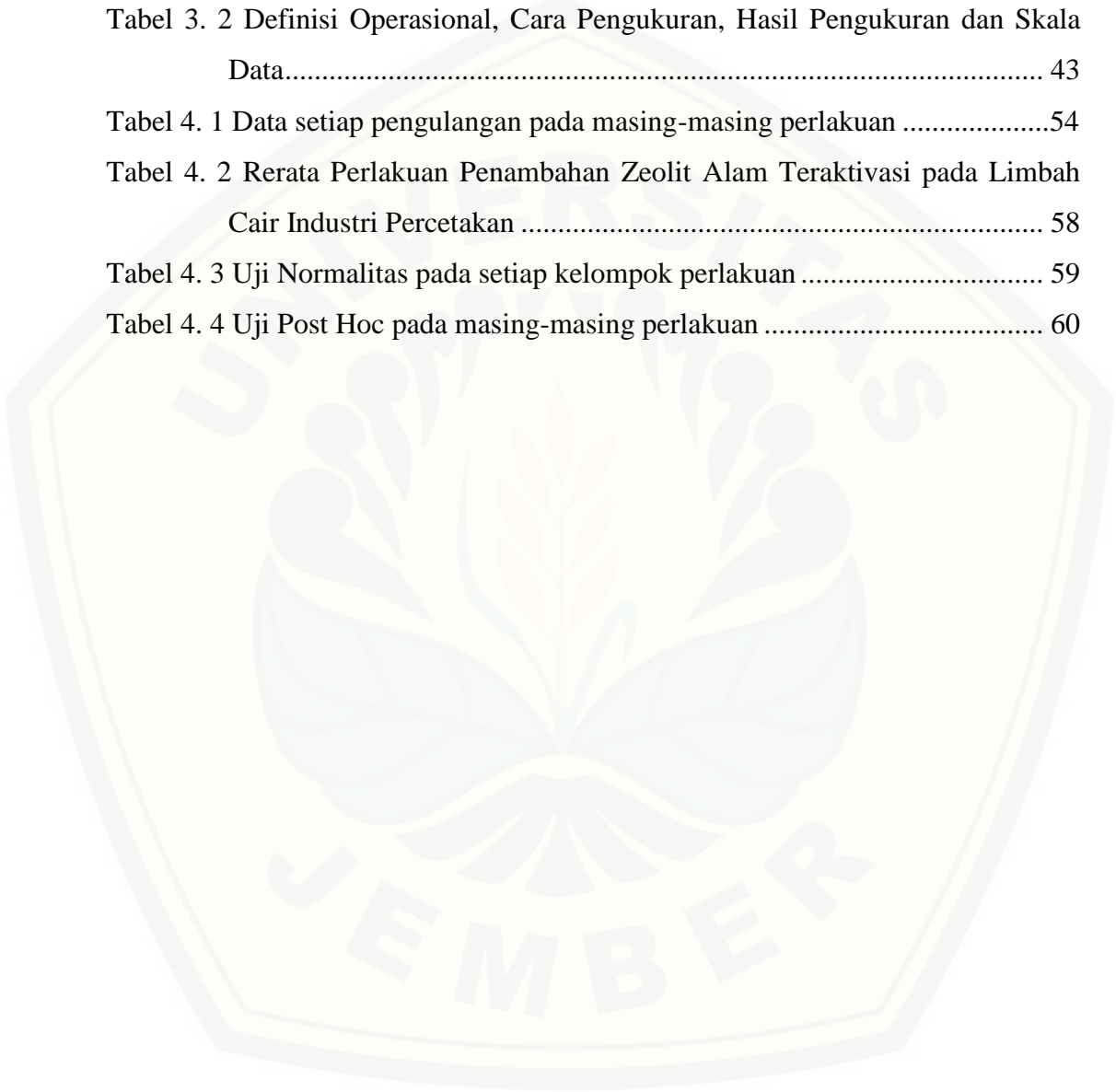


4.2 Pembahasan .....	61
4.2.1 Limbah Cair Industri Percetakan .....	61
4.2.2 Perlakuan Zeolit Alam Teraktivasi pada Limbah Cair Industri Percetakan.....	62
BAB 5. KESIMPULAN.....	68
5.1 Kesimpulan.....	68
5.2 Saran .....	69
DAFTAR PUSTAKA .....	70
LAMPIRAN.....	76



**DAFTAR TABEL**

Tabel 3. 1 Urutan Replikasi .....	41
Tabel 3. 2 Definisi Operasional, Cara Pengukuran, Hasil Pengukuran dan Skala Data.....	43
Tabel 4. 1 Data setiap pengulangan pada masing-masing perlakuan .....	54
Tabel 4. 2 Rerata Perlakuan Penambahan Zeolit Alam Teraktivasi pada Limbah Cair Industri Percetakan .....	58
Tabel 4. 3 Uji Normalitas pada setiap kelompok perlakuan .....	59
Tabel 4. 4 Uji Post Hoc pada masing-masing perlakuan .....	60

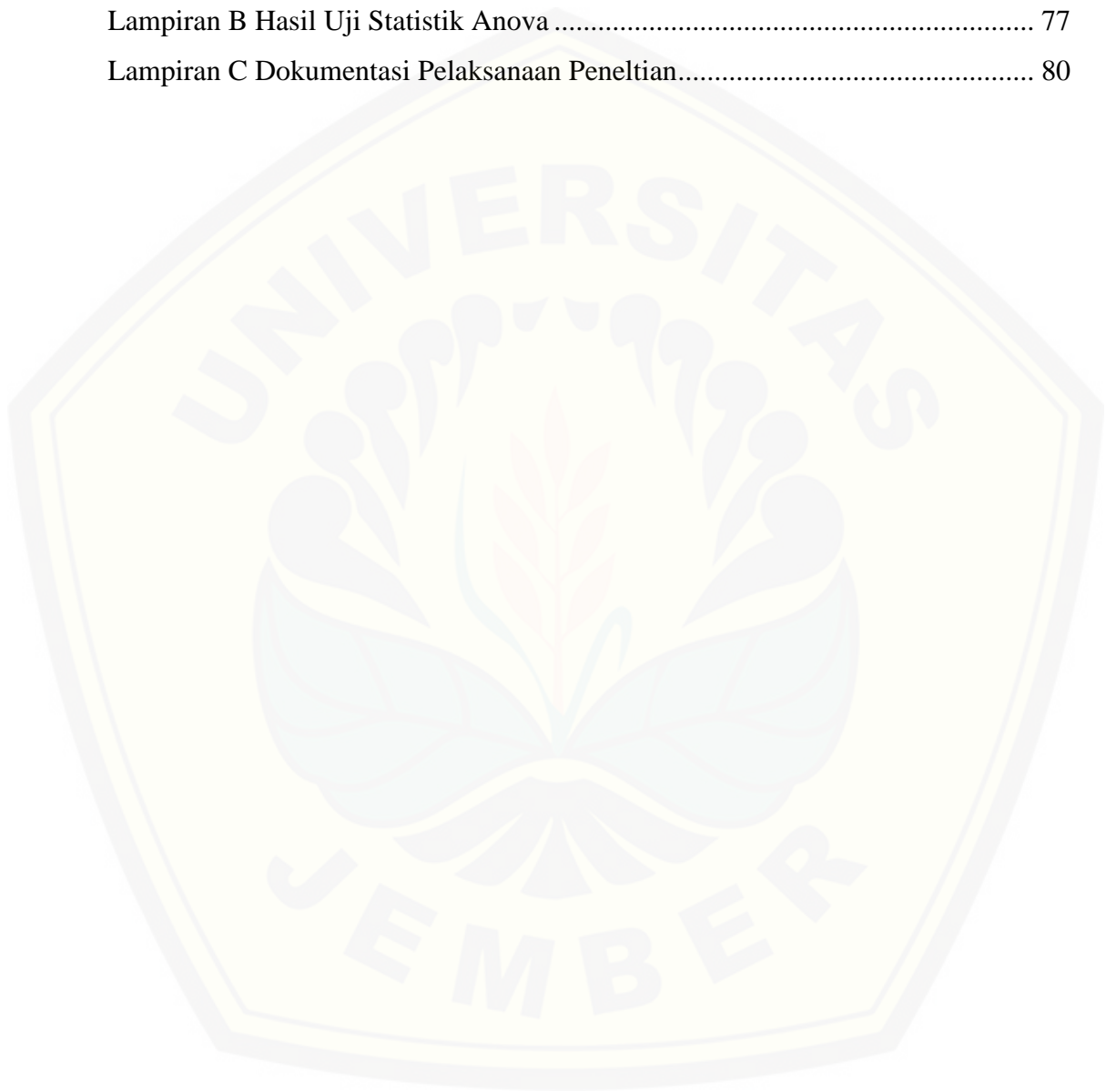


**DAFTAR GAMBAR**

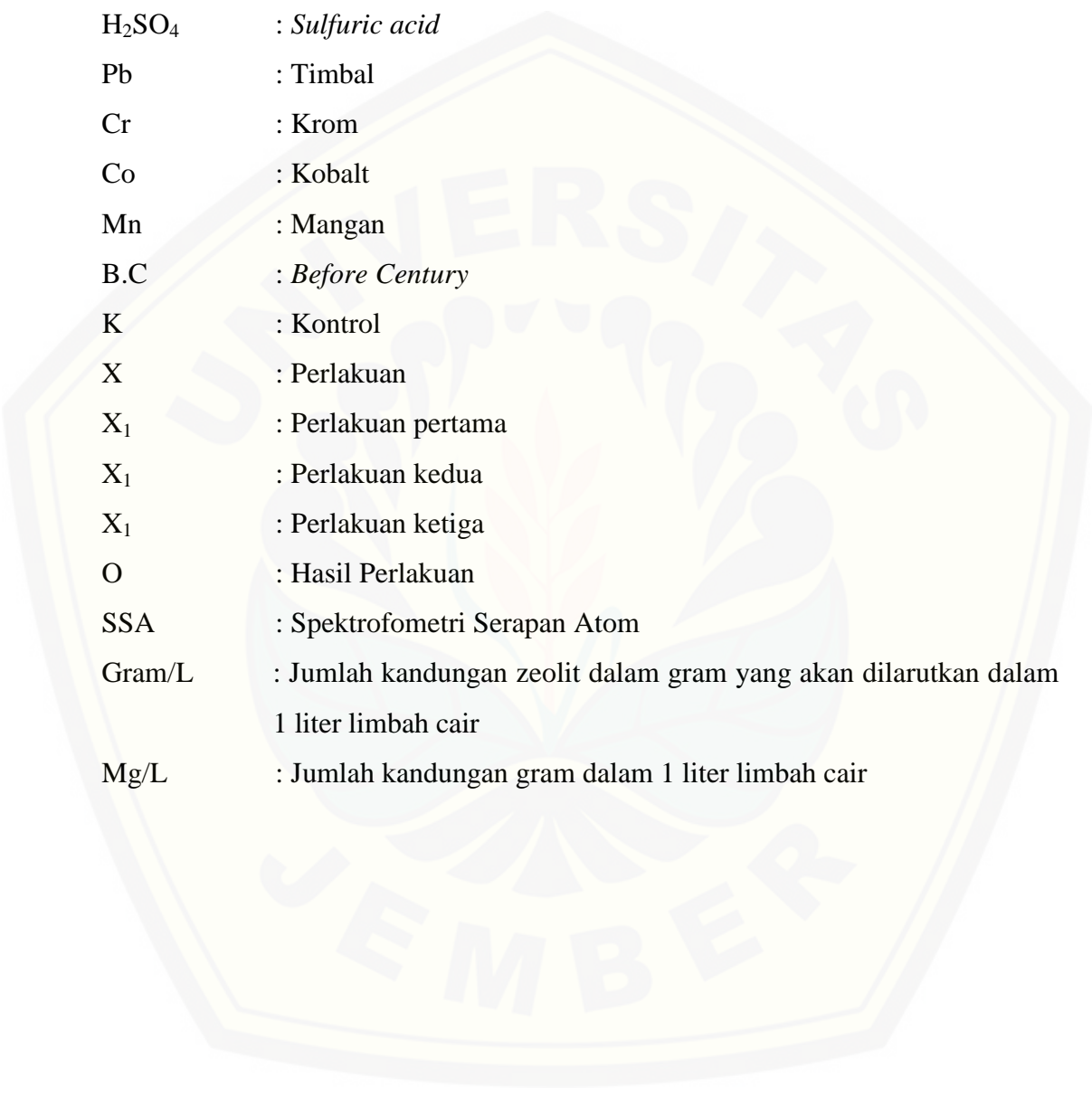
Gambar 2. 1 Timbal .....	21
Gambar 2. 2 Zeolit alam.....	29
Gambar 2. 3 Zeolit sintetis.....	32
Gambar 2. 4 Kerangka Teori.....	34
Gambar 2. 5 Kerangka Konseptual .....	35
Gambar 3. 1 Rancangan Penelitian Zeolit.....	39
Gambar 3. 2 Proses Aktivasi Zeolit .....	46
Gambar 3. 4 Kerangka Alur Prosedur Operasional Zeolit.....	49
Gambar 3. 5 Kerangka Alur Penelitian .....	52
Gambar 4. 1 <i>Boxplot</i> kadar Pb pada seluruh kelompok.....	56
Gambar 4. 2 Diagram sumber Pb pada Industri percetakan.....	62

**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran A Hasil Uji Laboratorium Fakultas MIPA Jurusan Kimia Universitas Jember.....	76
Lampiran B Hasil Uji Statistik Anova .....	77
Lampiran C Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian.....	80



**DAFTAR SINGKATAN**



HCl	: <i>Hydrochloric acid</i>
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	: <i>Sulfuric acid</i>
Pb	: Timbal
Cr	: Krom
Co	: Kobalt
Mn	: Mangan
B.C	: <i>Before Century</i>
K	: Kontrol
X	: Perlakuan
X <sub>1</sub>	: Perlakuan pertama
X <sub>2</sub>	: Perlakuan kedua
X <sub>3</sub>	: Perlakuan ketiga
O	: Hasil Perlakuan
SSA	: Spektrofometri Serapan Atom
Gram/L	: Jumlah kandungan zeolit dalam gram yang akan dilarutkan dalam 1 liter limbah cair
Mg/L	: Jumlah kandungan gram dalam 1 liter limbah cair

**DAFTAR LAMBANG**

$\pm$	: Kurang lebih
$\geq$	: Lebih dari sama dengan
$\leq$	: Kurang dari sama dengan
$\alpha$	: Derajat kebenaran



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Meningkatkan kualitas hidup menjadi usaha yang terus dilakukan oleh manusia, manusia berupaya dengan segala daya untuk mengolah dan memanfaatkan kekayaan alam yang ada demi tercapainya kualitas hidup yang diinginkan (Wardhana, 2004:20). Upaya pengolahan dan pemanfaatan kekayaan alam tersebut dibutuhkan akal pikiran dari manusia. Akal pikiran digunakan untuk mencapai tujuan yang diinginkan, yaitu tercapainya kualitas hidup yang diinginkan.

Perkembangan teknologi dan industri yang pesat dewasa ini ternyata membawa dampak bagi kehidupan manusia, baik dampak yang bersifat positif maupun dampak yang bersifat negatif. Dampak yang bersifat positif memang diharapkan oleh manusia dalam rangka meningkatkan kualitas dan kenyamanan hidup. Namun dampak yang bersifat negatif yang memang tidak diharapkan karena dapat menurunkan kualitas dan kenyamanan hidup sehingga harus diatasi dengan sebaik-baiknya (Wardhana, 2004:2).

Pemakaian mesin dan peralatan baru dalam bidang industri serta pemanfaatan teknologi untuk mendapatkan produk yang tinggi diharapkan akan dapat mencapai sasaran kualitas hidup manusia yang lebih baik (Wardhana, 2004:20). Secara tidak sadar, dalam proses perkembangan teknologi dan industri tersebut pasti tidak akan pernah luput dari yang namanya menghasilkan limbah. Limbah ini harus diatasi dengan baik dan tepat agar tidak menimbulkan kerugian baik bagi lingkungan maupun manusia.

Limbah adalah buangan yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungannya karena tidak mempunyai nilai ekonomi (Soeparman & Suparmin, 2002:32). Limbah bisa berasal dari mana saja, salah satunya dari kegiatan industri. Pemakaian mesin dan peralatan baru dalam bidang industri serta pemanfaatan teknologi untuk mencapai sasaran kualitas hidup

manusia yang lebih baik. Kegiatan industri dari hari ke hari makin meningkat, seolah-olah sasaran yang hendak dicapai, yaitu peningkatan kualitas hidup, sudah semakin dekat untuk dicapai. Namun dalam kenyataannya, kualitas hidup yang hendak dicapai terasa makin sulit dijangkau, bahkan mungkin terasa makin jauh dari jangkauan.

Industri di Jember sendiri saat ini sudah berbagai macam jenisnya. Salah satunya adalah industri percetakan. Industri percetakan saat ini terus berkembang. Peningkatan kualitas dan kuantitas terus dilakukan dengan cara meningkatkan teknologi yang mendukung dalam melakukan proses percetakan. Sumber daya manusia juga tidak luput untuk terus ditingkatkan. Peningkatan ini dilakukan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Industri Percetakan X jember merupakan industri percetakan terbesar yang ada di Jember. Sehingga dipilih untuk menjadi tempat penelitian yang akan diambil limbah cair pecetakannya. Pembuangan limbah cair pada industri percetakan X jember dibuang ke selokan.

Limbah cair industri percetakan memiliki potensi untuk mencemari lingkungan air dan tanah dengan cara melepaskan nitrat dan logam-logam berat (Regina *et al*, 2015). Limbah cair percetakan selama ini tidak diberi perhatian khusus. Hal ini dikarenakan limbah yang dihasilkan tidak terlalu banyak dan efek bagi lingkungan tidak begitu berarti (Regina dkk, 2015). Limbah yang dihasilkan dalam percetakan bisa limbah padat dan limbah cair. Limbah cair tersebut mengandung logam berat dari sisa tinta proses percetakan. Logam berat tersebut antara lain Timbal (Pb), Krom (Cr), Cobalt (Co), Mangan (Mn) dan Timah (Sn). Penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Afrianita *et al*, 2013 menyebutkan bahwa kandungan logam berat dalam limbah cair percetakan di kota Padang untuk Pb sebesar 1,21 mg/l, sedangkan untuk Cr sebesar 1,42 mg/l, kemudian untuk Co sebesar 0,50 mg/l, selain itu untuk Mangan 1,72 mg/l serta untuk Sn sebesar 1,02 mg/l.

PP No. 82 tahun 2001 tentang Pengendalian Pencemaran Air menetapkan bahwa baku mutu Pb di perairan adalah sebesar 0,03 mg/l. Angka tersebut adalah baku mutu terkecil dibandingkan dengan logam berat yang lain, yaitu Cr, Co, Mn, dan Sn. Sehingga dipilih Timbal (Pb) untuk dilakukan penelitian lebih lanjut



meskipun Pb hanya menempati urutan ketiga pada limbah cair percetakan. Jika dilihat selisihnya, maka Pb memiliki selisih terbesar diantara logam berat yang lainnya. Timbal (Pb) merupakan logam berat dengan konsistensi lunak dan berwarna hitam. Logam Pb merupakan racun yang tidak dibutuhkan oleh manusia ataupun binatang. Logam berat Pb dapat meracuni tubuh manusia secara kronis (Mukono, 2006:38). Sehingga dibutuhkan proses pengolahan untuk mengurangi kadar Pb pada limbah cair percetakan tersebut.

Pengolahan limbah cair percetakan yang dilakukan bertujuan mengurangi dan mencegah dampak negatif pada lingkungan. Salah satu cara yang bisa dilakukan adalah dengan adsorpsi. Adsorben adalah zat padat yang dapat menyerap partikel fluida dalam suatu proses adsorpsi. Adsorben bersifat spesifik dan terbuat dari bahan-bahan yang berpori (KamusQ, 2013). Biasanya partikel-partikel kecil zat penyerap dilepaskan pada adsorpsi kimia yang merupakan ikatan kuat antara penyerap dan zat yang diserap sehingga tidak mungkin terjadi proses yang bolak-balik.

Adsorben untuk limbah cair industri percetakan ini menggunakan media zeolit. Zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal aluminosilikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensinya. Zeolit yang digunakan adalah zeolit alam. Salah satu sifat zeolit adalah mampu mengadsorpsi. Ketika zeolit tersebut sudah diaktivasi hingga akhirnya zeolit dapat menyerap logam berat yang ada di dalam cairan atau padatan. Aktivasi asam pada zeolit menyebabkan terjadinya dekationisasi yang menyebabkan bertambahnya luas permukaan zeolit karena berkurangnya pengotor yang menutupi pori-pori zeolit. Luas permukaan yang bertambah diharapkan meningkatkan kemampuan zeolit dalam proses penyerapan. Aktivasi zeolit sendiri ada dua cara yaitu fisis dan kimia. Proses aktivasi secara fisis dilakukan dengan pemanasan yang bertujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit sehingga jumlah pori dan luas permukaan spesifiknya bertambah. Aktivasi secara kimia dapat dilakukan dengan menggunakan larutan HCl atau  $H_2SO_4$  yang bertujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengganggu dan menata kembali letak atom yang dipertukarkan. Kemampuan zeolit tidak hanya

untuk menyerap logam berat, ada kemampuan lain yang dimiliki zeolit. Zeolit memiliki banyak manfaat yang sudah banyak di buktikan di berbagai macam bidang. Media zeolit juga dipilih karena media ini memiliki kemampuan daya serap air, aerasi, adsorpsi bahan-bahan organik dan partikel kimia yang ada. Pertukaran ionnya relatif lebih tinggi dari pada media lain. Maka pemilihan zeolit menjadi tepat dalam penelitian ini dan dengan aktivasi secara kimia menggunakan larutan bersifat asam yaitu  $H_2SO_4$ .

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Emelda et al, 2013 menyebutkan bahwa adalah untuk menurunkan logam berat Cr dengan media zeolit alam teraktivasi menggunakan zeolit sebanyak 15 gram/L. Penurunan logam berat pada penelitian tersebut adalah sebesar 99,275 %. Sehingga peneliti menggunakan patokan 15 gram/L sebagai patokan berat perlakuan pertama. Peneliti menambahkan dua variasi berat dengan perbedaan dua kali dari berat sebelumnya untuk mengetahui berapa gram zeolit yang efektif untuk menurunkan kadar Pb per literanya. Waktu pengontakan zeolit dengan limbah cair yaitu 60 menit (Emelda *et al*, 2013:167). Diameter mesh yang digunakan adalah sebesar 40 mesh. Pemilihan diameter ini dari referensi penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa ukuran zeolit yang optimum digunakan adalah 40 mesh (Andreas & Ali, 2004).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut : “Apakah terdapat perbedaan kadar Pb limbah cair percetakan yang tidak diberi perlakuan zeolit dengan yang diberi perlakuan zeolit dengan konsentrasi 15 gram/L, 30 gram/L dan 60 gram/L selama 60 menit?”

## 1.3 Tujuan

### 1.3.1 Tujuan Umum

Menganalisis perbedaan kadar Pb limbah cair percetakan yang tidak diberi perlakuan zeolit dengan yang diberi perlakuan zeolit 15 gram/L, 30 gram/L dan 60 gram/L selama 60 menit.

### 1.3.2 Tujuan Khusus

- a. Menganalisis kadar Pb limbah cair industri percetakan tanpa perlakuan selama 60 menit.
- b. Menganalisis kadar Pb limbah cair industri percetakan yang diberi perlakuan penambahan konsentrasi zeolit 15 gram/L selama 60 menit.
- c. Menganalisis kadar Pb limbah cair industri percetakan yang diberi perlakuan penambahan konsentrasi zeolit 30 gram/L selama 60 menit.
- d. Menganalisis kadar Pb limbah cair industri percetakan yang diberi perlakuan penambahan konsentrasi zeolit 60 gram/L selama 60 menit.
- e. Menganalisis perbedaan penurunan kadar Pb limbah cair industri percetakan tanpa perlakuan dan yang diberi perlakuan penambahan konsentrasi zeolit 15 gram/L, 30 gram/L dan 60 gram/L

## 1.4 Manfaat

### 1.4.1 Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat menambah dan mengembangkan hasanah ilmu pengetahuan tentang kesehatan masyarakat di bidang kesehatan lingkungan. Terutama kajian-kajian ilmiah yang mendalam mengenai adsorben dengan menggunakan zeolit

### 1.4.2 Manfaat Praktis

Penelitian ini memiliki manfaat praktis sebagai berikut :

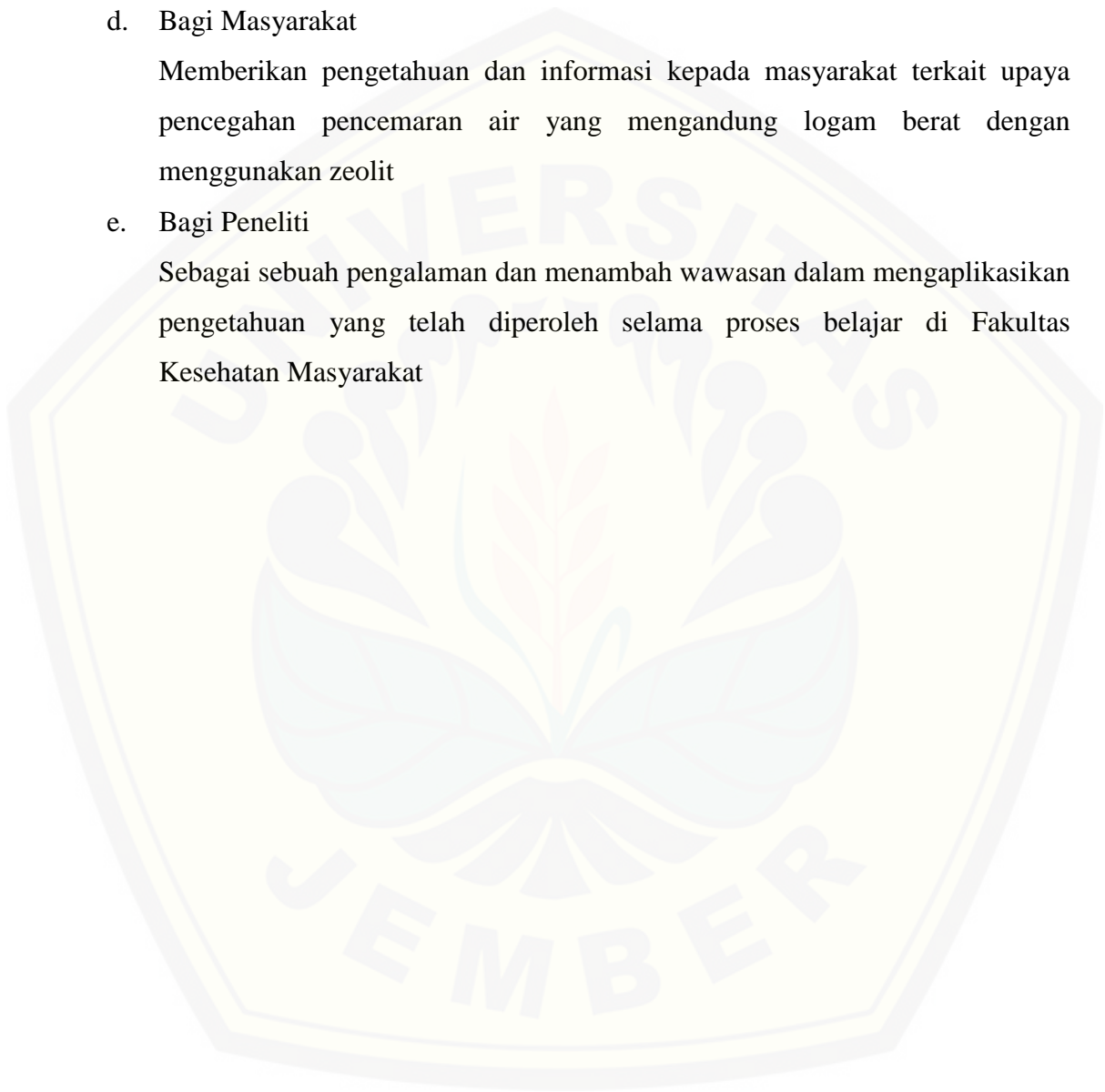
- a. Bagi Percetakan X di Jember

Penelitian ini dapat digunakan oleh Percetakan X di Jember sebagai bahan masukan untuk menangani masalah limbah cair percetakan agar tidak memberikan dampak negatif terhadap lingkungan

- b. Bagi Fakultas Kesehatan Masyarakat

Memberikan wawasan dan pengetahuan baru serta menambah referensi bagi civitas akademika di Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember

- c. Bagi Kantor Lingkungan Hidup  
Memberikan wawasan dan pengetahuan baru serta menambah referensi bagi Kantor Lingkungan Hdup tentang manfaat zeolit alam teraktivasi yang dapat menurunkan kadar Pb pada limbah cair
- d. Bagi Masyarakat  
Memberikan pengetahuan dan informasi kepada masyarakat terkait upaya pencegahan pencemaran air yang mengandung logam berat dengan menggunakan zeolit
- e. Bagi Peneliti  
Sebagai sebuah pengalaman dan menambah wawasan dalam mengaplikasikan pengetahuan yang telah diperoleh selama proses belajar di Fakultas Kesehatan Masyarakat



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Percetakan

Sekumpulan orang yang melakukan kegiatan yang di selenggarakan dengan menggunakan berbagai macam peralatan untuk mendapatkan keuntungan dari kegiatannya disebut perusahaan. Tujuan suatu perusahaan untuk memperoleh keuntungan yang bisa di dapat dari barang atau jasa dan kepuasan untuk konsumen. Dengan keuntungan perusahaan dapat lebih maju (Bhaliqa, 2012).

Percetakan adalah suatu perusahaan yang bergerak di bidang cetak mencetak atau memperbanyak benda atau obyek dua dimensi. Cetak mencetak ini adalah permintaan klien untuk memperbanyak suatu obyek (Bhaliqa, 2012).

Percetakan adalah sebuah proses industri (baik dilakukan oleh industri berskala kecil maupun besar) untuk memproduksi secara massal tulisan dan gambar, terutama dengan tinta di atas kertas menggunakan sebuah mesin cetak. Percetakan juga merupakan sebuah bagian penting dalam penerbitan dan percetakan transaksi. Di samping itu, percetakan pun tidak hanya fokus pada cetak saja secara kasat mata, tetapi di sana mencakup berbagai tehnik dan jenis kegiatan yang dilakukan, seperti desain, penempatan warna yang tepat, pengukuran jenis kertas, dan lain sebagainya.

Jadi perusahaan percetakan adalah sekumpulan orang atau badan usaha yang melakukan kegiatan cetak-mencetak atau reproduksi gambar dua dimensi dengan menggunakan kertas sebagai medianya dan tujuannya sama seperti perusahaan pada umumnya yaitu mendapatkan keuntungan (Bhaliqa, 2012).

#### 2.1.1 Karakteristik percetakan

Percetakan memiliki karakteristik yang dapat membantu pada saat proses cetak mencetak atau reproduksi gambar dua dimensi dengan menggunakan kertas sebagai medianya, selain ruangan yang luas, kertas untuk mencetak, percetakan juga menggunakan mesin cetak yaitu mesin goss community, tinta warna khusus yang digunakan untuk mencetak tabloid atau koran yang tampilannya berwarna, serta tinta hitam yang digunakan untuk mencetak koran (Bhaliqa, 2012).

### 2.1.2 Sejarah Percetakan

Percetakan yang ada saat ini tidak muncul dengan sendirinya, tetapi dimulai oleh beberapa orang sehingga percetakan dapat dikenal saat ini. Percetakan pertama kali ditemukan oleh masyarakat cina pada abad 14 sehingga tak heran jika kebanyakan mesin cetak terbuat dan bermerk berasal dari cina. Namun sebelum itu, sejarah menuliskan informasi tanggal dari gambar dinding gua yang berumur lebih dari 30.000 tahun. Pada tahun 2500 B.C., orang Mesir mengukir hieroglyphics pada batu. Akan tetapi, percetakan yang kita ketahui sekarang tidak ditemukan hingga lebih dari sekitar 500 tahun yang lalu (Production, 2015)

Di Eropa, sebelum percetakan ditemukan, semua informasi yang tercatat ditulis dengan tangan. Buku-buku dengan hati-hati disalin oleh ahli tulis (*scribes*) yang sering menghabiskan waktu bertahun-tahun untuk menyelesaikan satu jilid buku. Metode ini begitu lambat dan mahal dan hanya sedikit orang yang memiliki kesempatan atau kemampuan untuk membaca karya yang telah selesai (Production, 2015).

Teknik cetak pertama kali yang dikenal dimulai dari Kota Mainz, Jerman pada tahun 1440 yang merupakan sentra kerajinan uang logam saat itu. Pertama kali metode cetak diperkenalkan oleh Johannes Gutenberg dengan inspirasi uang logam yang digesekkan dengan arang ke atas kertas. Relief uang logam menimbulkan ide untuk membuat permukaan dengan tinggi bervariasi. Hal ini dikenal dengan nama cetak tinggi. Dan sampai saat ini, perkembangan dunia percetakan semakin canggih dengan jenis mesin dan kertas yang memudahkan para pebisnis dunia percetakan dalam menjalankan kegiatannya. Tidak perlu membutuhkan waktu yang lama untuk menghasilkan cetakan yang diinginkan, baik untuk cetak kartu undangan, invoice atau bon bisnis Anda, maupun jenis cetak lainnya (Production, 2015).

### 2.1.3 Jenis Percetakan

Beberapa jenis percetakan, yaitu (Production, 2015) :

a. Cetak Offset

Cetak offset biasanya digunakan untuk peretakan kertas. Sebelum dilakukan cetak ke mesin percetakan, *artwork*/ desain dibuat filmnya. Dengan film itu kemudian dilakukan pencetakan melalui mesin. Hasil peretakan *offset* biasanya untuk buku, nota, kemasan promosi, iklan dan sebagainya.

b. Cetak Sablon

Cetak sablon sering disebut screen printing. Cetak jenis ini menggunakan *screen* / saring. *Artwork* yang telah dibuat lalu dilakukan *afdruk* di *screen*. Dari hasil *afdruk* itu kemudian dituang tinta dan disaput dengan rakel. Tinta yang disaput akan keluar dari *screen* ke media yang disablon. Cetak sablon bisa diaplikasikan di banyak media, semisal : kertas, plastik, kain, besi, aluminium, kaca, kayu dan media lainnya.

c. Cetak Digital

Cetak digital atau sering disebut dengan digital printing prosesnya dimulai dari desain lalu dicetak dengan menggunakan printer. Hasilnya sesuai dengan desain yang dibuat. Media printing bisa di kertas, kaos (*Direct to Garmen*) atau ke plastik yang biasanya digunakan untuk spanduk.

d. Cetak Air Brush

Cetak jenis ini menggunakan *sprayer*. Cat yang ada di tabung kemudian disemprotkan dengan bantuan tekanan udara. Cetak jenis ini seperti melukis dengan semprotan cat. Hasilnya seperti mural atau seni *air brush* di motor, mobil dan sebagainya.

### 2.1.4 Proses Percetakan

Untuk menjadi sebuah produk cetak yang sempurna, maka aneka macam barang percetakan memerlukan beberapa proses produksi yang harus dilewati. Banyak atau tidaknya proses tersebut, tentu saja sangat tergantung dari sederhana atau tidaknya barang-barang cetak yang akan dibuat. Adapun proses produksi cetak dengan menggunakan mesin cetak offset yang umum berlaku adalah sebagai berikut (Percetakan Offset, 2016) :

a. Pra-cetak

- 1) Persiapan bahan kertas: seperti kertas HVS, BC, kenstruk, doorslags, matte paper, NCR, kertas wangi, *duplex*, *ivory*, dsb. disesuaikan dengan keperluan. Bisa juga blanko cetak, yaitu bahan cetak yang ukuran dan bentuknya telah jadi dan tinggal masuk ke proses cetak.
- 2) *Setting Computer*: format yang akan dibuat pada barang cetakkan.. ukuran, naskah, serta desain grafisnya ditentukan di sini, dan biasanya diakhiri dengan diprint di kertas folio, kertas kalkir, atau film sparasi.
- 3) Rekam (*Ekspose*) Plate : hasil settingan atau film yang telah diprint tadi direkam (semacam dicopy) ke plat kertas atau plat aluminium (*paper plate/aluminium plate*) sehingga naskah cetakkan pun terdapat di atasnya, dan plat cetak inilah yang akan dipasang pada mesin cetak.

b. Cetak:

- 1) Plat cetak beserta bahan kertas yang telah siap pada proses pracetak tadi lalu dipasang di mesin cetak, dan ditempatkan di posisinya masing-masing berdasarkan fungsinya. Plat cetak dipasang di atas roll yang terdapat di atas mesin, sedangkan bahan kertas dipasang pada tempat mendatar di bawah roll tersebut. Dan tinta pun dipersiapkan pula pada tempatnya (warna sesuai yang diinginkan)
- 2) Setelah plat cetak, bahan kertas, dan tinta siap atau terpasang, maka mesin pun dijalankan.. dan terjadilah proses cetak. Tinta masuk ke roll yang telah terpasang plat cetak, roll berputar di atas bahan kertas memindahkan naskah yang ada di plat cetak ke bahan kertas tersebut melalui tinta, dan kertas pun keluar satu persatu berisi naskah yang sudah jadi.

c. *Finishing*:

- 1) Proses potong atau sisir kertas, dengan tujuan untuk membagi beberapa kertas hasil cetak tadi menjadi beberapa bagian, atau bisa juga hanya sekedar untuk merapihkan kertas.
- 2) Foil, membubuhi kertas dengan tulisan atau gambar “mengkilat” seperti warna emas, perak, biru, merah, dsb.



- 3) *Embossed*, menghiasi kertas cetak dengan tulisan atau gambar, dimana hiasan tersebut berbentuk kertas yang timbul atau tenggelam akibat pres dari klise.
- 4) Proses laminating *gloss/doff*, *UV gloss/doff*, *spot UV*, dsb. Kertas cetak tadi dilapisi dengan plastik mengkilat atau plastik buram/dop pada bagian luarnya sehingga menimbulkan kesan estetis tersendiri.
- 5) *Ponds*, memotong kertas menjadi bentuk-bentuk tertentu akibat potongan pisau mesin pons. Bentuknya bisa berupa format untuk lipatan amplop, dus, dsb.
- 6) Lem, untuk menyambungkan atau menyatukan kertas cetakan semisal amplop, pinggiran/punggung nota, kwitansi, buku, dll.
- 7) Dan lain-lain finishing semisal menjilid, jahit benang/kawat, nomorator, lipat susun/sisip, membungkus dengan plastik, dsb. – tergantung keperluan.

#### 2.1.5 Komponen Tinta pada Percetakan Koran

Secara umum, susunan komponen tinta terdiri atas tiga kelompok, yaitu

(Adhi & Susanto, 2013:10) :

##### a. Bahan pewarna/pigmen

Bahan pewarna mempunyai fungsi sebagai berikut:

- 1) Untuk memberikan warna pada tinta
- 2) Membentuk bodi pada tinta
- 3) Memberikan lapisan warna pada permukaan hasil cetakan

Bahan pewarna ini ada dua macam, yaitu pigmen dan zat pewarna dai (*dye stuff*). Pigmen sendiri terdiri dari pigmen organik, anorganik, dan carbon black. Pigmen memiliki ukuran antara 0.01-0.5 mikron.

Tinta modern yang bahan-bahannya terdiri dari bahan kimia yang fungsinya sebagai zat pewarna dan pengering. Tinta pewarna di buat dari bahan kimia ekstrak cairan kental dari batu bara serta hasil sampingan gas batu bara. Sementara kebanyakan bahan pengering tinta cetak juga mengandung unsur logam seperti Kobalt, Mangan, bahkan Timah hitam (Pb) yang tergolong

logam berat berbahaya, yang diduga menjadi pemicu kanker bahkan penyakit pikun.

b. Zat pengikat/*varnish/vehicle*

*Vehicle* (pembawa pigmen) atau sering disebut juga *varnish* merupakan media untuk mengikat bahan pewarna dan bahan penolong sehingga keduanya dapat tercampur dengan baik. *Vehicle/varnish* terdiri dari:

- 1) Pelarut (*solvent*)
- 2) Resin
- 3) Minyak pengering

c. Zat aditif/ bahan penolong/zat tambahan (*additional agent*)

Bahan penolong (*additive agents*) merupakan bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam tinta selain bahan pokok tinta (pigmen dan *varnish*). Fungsi bahan penolong (*additive agents*) adalah untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu pada tinta, baik sifat kimia (mengatur proses pengeringan tinta) maupun sifat fisika tinta (sifat alir tinta, ketahanan gosok tinta dan sebagainya). Yang termasuk bahan-bahan penolong (*additive agent*) antara lain:

- 1) Bahan pengisi (*filler*)
- 2) Bahan pengering (*drier*)
- 3) Bahan anti-kering
- 4) Lilin (*wax/compound*)
- 5) Bahan pengencer (*reducer*)
- 6) Bahan pelemas (*plasticizer*)
- 7) Bahan pendispersi

#### 2.1.6 Tinta koran

Ada beberapa macam tinta koran, yaitu (Adhi & Susanto, 2013, 11) :

a. Tinta koran rotasi

Tinta ini sangat sederhana, pada prinsipnya terdiri dari minyak mineral dan pigmen. Tinta ini tak mengandung bahan pelarut yang menguap. Selain pigmen yang tak dapat larut (lengas gas atau jenis-jenis lengas yang lain), tinta ini mengandung zat yang disebut *toner*, ialah bahan pewarna biru atau ungu. Maksud dari *toner* ini adalah untuk menetralkan warna yang bernada

kecoklat-coklatan yang menjadi sifat dari sebagian besar macam lensa. Minyak mineral yang digunakan untuk tinta koran, sering dilarutkan sejenis damar. Damar ini bukan bahan pengikat, karena setelah pencetakan tetap larut dan tak menunjukkan pengikatan pada pigmen. Cocok untuk bahan kertas yang mempunyai daya serat tinggi.

b. Tinta koran hitam

Tinta ini lebih kental dibanding tinta koran rotasi yang dapat dikatakan encer. Bila pada mesin rotasi digunakan tinta kental, maka kertas koran akan robek karena tertarik oleh tinta itu. Tinta kerja (*smout*) erat sekali ikatannya dengan tinta koran hitam, tetapi di samping minyak mineral, mengandung pula vernis lena dalam prosentase tertentu. Tinta hitam kerja terutama digunakan untuk mencetak barang cetakan perdagangan (*handelsdrukkerwerk*)

## 2.2 Pencemaran dan Lingkungan

Pencemaran adalah suatu kondisi yang telah berubah dari bentuk asal pada keadaan yang lebih buruk. Pergeseran bentuk tatanan dari kondisi asal pada kondisi yang buruk ini dapat terjadi sebagai akibat masukan dari bahan-bahan pencemar atau polutan. Bahan pencemar pada umumnya mempunyai sifat racun yang berbahaya bagi organisme hidup. Toksisitas atau daya racun dari bahan pencemar yang nantinya akan menjadi pemicu terjadinya pencemaran (Palar, 2004:10).

Lingkungan dapat diartikan sebagai media atau suatu areal, tempat atau wilayah yang di dalamnya terdapat bermacam-macam bentuk aktivitas yang berasal dari ornamen-ornamen penyusunnya. Ornamen-ornamen yang ada dalam dan membentuk lingkungan, merupakan suatu bentuk sistem yang saling mengikat, saling menyokong kehidupan mereka. Karena itu suatu tatanan lingkungan yang mencakup segala bentuk aktivitas dan interaksi di dalamnya disebut juga dengan ekosistem (Palar, 2004:10).

Suatu lingkungan dapat dikatakan tercemar apabila telah terjadi perubahan-perubahan dalam tatanan lingkungan itu sehingga tidak sama lagi dengan bentuk asalnya, sebagai akibat dari masuk dan atau dimasukkannya suatu zat atau benda asing ke dalam tatanan lingkungan. Perubahan yang terjadi sebagai

akibat dari kemasukan benda asing itu, memberikan pengaruh (dampak) buruk terhadap organisme yang sudah ada dan hidup dengan baik dalam tatanan lingkungan tersebut. Sehingga pada tingkat lanjut dalam arti bila lingkungan tersebut telah tercemar dalam tingkatan yang tinggi, dapat membunuh dan bahkan menghapuskan satu atau lebih jenis organisme yang tadinya hidup normal dalam tatanan lingkungan itu. Jadi pencemaran lingkungan adalah terjadinya perubahan dalam suatu tatanan lingkungan asli menjadi suatu tatanan baru yang lebih buruk dari tatanan aslinya (Palar, 2004:10).

### 2.2.1 Pencemaran Air

Planet bumi sebagian besar terdiri dari air karena luas daratan memang lebih kecil dibandingkan dengan luas lautan. Makhluk hidup yang ada di bumi tidak dapat terlepas dari kebutuhan akan air. Air merupakan kebutuhan utama bagi proses kehidupan di bumi ini. Tidak akan ada kehidupan seandainya di bumi ini tidak ada air. Air yang relatif sangat didambakan oleh manusia, baik untuk keperluan hidup sehari-hari, untuk keperluan industri, untuk kebersihan sanitasi kota, amupun untuk keperluan pertanian dan lain sebagainya (Wardhana, 2004:71).

Dewasa ini menjadi masalah yang perlu mendapat perhatian yang seksama dan cermat. Untuk mendapatkan air yang baik, sesuai dengan standart tertentu, saat ini menjadi barang yang mahal karena air sudah banyak tercemar oleh bermacam-macam limbah dari asil kegiatan manusia, baik limbah dari kegiatan rumah tangga, limbah dari kegiatan industri dan kegiatan-kegiatan lainnya .

Selain penggunaan air secara konvensional, air juga diperlukan untuk meningkatkan kualitas hidup manusia, yaitu untuk menunjang kegiatan industri dan teknologi. Kegiatan industri dan teknologi tidak terlepas dari penggunaan air untuk menunjang kegiatannya. Berbagai macam kegiatan industri dan teknologi yang ada saat ini apabila tidak disertai dengan program pengelolaan limbah yang baik akan memungkinkan terjadinya pencemaran lingkungan. Bahan buangan dan air limbah yang berasal dari kegiatan industri adalah penyebab utama terjadinya

pencemaran air. Komponen pencemaran air dapat dikelompokkan sebagai berikut (Wardhana, 2004:78) :

- 1) Bahan buangan padat
- 2) Baan buangan organik
- 3) Bahan buangan anorganik
- 4) Bahan buangan olahan bahan makanan
- 5) Bahan buangan cairan berminyak
- 6) Bahan buangan zat kimia
- 7) Bahan buangan berupa panas

### 2.3 Limbah

Aktivitas kehidupan yang sangat tinggi yang dilakukan oleh manusia ternyata menimbulkan bermacam-macam efek yang buruk bagi kehidupan manusia dan tatanan lingkungan hidupnya. Aktivitas yang pada prinsipnya merupakan usaha manusia untuk dapat hidup dengan layak dan berketurunan yang baik, telah merangsang manusia untuk melakukan tindakan yang menyalahi kaidah yang ada dalam tatanan lingkungan hidupnya. Akibatnya terjadi pergeseran keseimbangan dalam tatanan lingkungan dari bentuk asal ke bentuk baru yang cenderung lebih buruk. Suatu tatanan lingkungan hidup dapat tercemar atau menjadi rusak disebabkan oleh banyak hal. Namun yang paling utama dari sekian banyak penyebab tercemarnya suatu tatanan lingkungan adalah limbah (Palar, 2004:11).

Limbah dalam konotasi sederhana dapat diartikan sebagai sampah. Limbah atau dalam bahasa ilmiahnya disebut juga dengan *pollutan* dapat digolongkan atas beberapa kelompok berdasarkan pada jenis, sifat dan sumbernya. Berdasarkan pada jenis, limbah dikelompokkan atas golongan limbah padat dan limbah cair. Berdasarkan pada sifat yang dibawanya, limbah dikelompokkan atas limbah organik dan limbah an-organik. Sedangkan bila berdasarkan pada sumbernya, limbah dikelompokkan atas limbah rumah tangga atau limbah domestik dan limbah industri

Jenis-jenis limbah industri percetakan ialah sebagai berikut (Teknologi, 2015)

a. Limbah padat

Limbah padat berupa kertas potongan penjilidan, kertas dari kesalahan cetak atau hasil pencetakan yang tidak lolos quality control, kain lap mesin cetak yang pada umumnya telah terkontaminasi dengan tinta atau bahan pelarut/pembersih, plastik, dll

b. Limbah cair

Limbah cair berupa tinta yang rusak, bahan pelarut, bahan pencair, bahan pengering

#### 2.4 Logam Berat

Istilah logam berat telah dipergunakan secara luas, terutama dalam perpustakaan ilmiah, sebagai suatu istilah yang menggambarkan bentuk dari logam tertentu. Karakteristik dari kelompok logam berat adalah sebagai berikut (Connel, *et al.*, 2006:342) :

- a. memiliki spesifikasi gravitasi yang sangat besar (lebih dari 4)
- b. mempunyai nomor atom 22-34 dan 40-50 serta unsur-unsur lantanida dan aktinida
- c. mempunyai respon biokimia khas (spesifik) pada organisme hidup.

Logam berat biasanya menimbulkan efek-efek pada makhluk hidup. Dapat dikatakan bahwa semua logam berat dapat menjadi bahan racun yang akan meracuni tubuh makhluk hidup. Namun demikian, meski semua logam berat dapat mengakibatkan keracunan atas makhluk hidup, sebagian dari logam-logam berat tersebut tetap dibutuhkan oleh makhluk hidup. Kebutuhan tersebut berada dalam jumlah yang sangat sedikit. Tetapi bila kebutuhan dalam jumlah sedikit tidak terpenuhi, maka akan berakibat fatal terhadap kelangsungan hidup dari setiap makhluk hidup. Karena tingkat kebutuhan sangat dipentingkan maka logam-logam tersebut juga dinamakan sebagai logam-logam atau mineral-mineral esensial tubuh. Ternyata kemudian, bila jumlah dari logam mineral esensial

masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang berlebihan, maka akan berubah fungsi menjadi zat racun bagi tubuh (Connel, *et al.*, 2006:343).

#### 2.4.1 Logam dalam sistem perairan

Logam runtuhan yang memasuki perairan alami menjadi bagian dari sistem dan proses penyebarannya diatur oleh susunan interaksi dan keseimbangan fisika-kimia yang dinamis. Kelarutan logam runtuhan air alamiah pada prinsipnya diatur oleh (Connel, *et al.*, 2006:349) :

- a. pH
- b. Jenis dan kepekatan ligan dan zat-zat pengkelat
- c. Keadaan oksidasi komponen mineral dan lingkungan redoks sistem tersebut

Sebagai tambahan, interaksi dinamik pada batas larutan-padatan menentukan perpindahan logam antara fase cair dan padat. Dengan demikian, logam runtuhan dapat dalam bentuk endapan, koloid atau larutan (Connel, *et al.*, 2006:351).

#### 2.4.2 Logam pada air tawar dan air laut

Spesiasi logam pada air tawar dan air laut berbeda, terutama dalam hal (Connel, *et al.*, 2006:352):

- a. Perbedaan kekuatan ionik
- b. Kandungan permukaan penyerapan yang lebih rendah pada air laut
- c. Perbedaan kepekatan logam runtuhan
- d. Perbedaan kepekatan kation dan anion
- e. Biasanya kepekatan ligan organik dalam sistem air tawar lebih tinggi

Dalam air tawar, logam terutama diserap dalam bentuk partikulat dan kompleks ligan-ligan yang dapat larut, banyak jenisnya dibandingkan di dalam air laut. Dalam campuran air tawar dan air laut, kompleks kloro menjadi jenis yang dominan untuk Cu, Zn, Hg, dan C, sedangkan Ni cenderung untuk tetap sebagai ion bebas dan Cr membentuk kompleks hidroksida. Penyerapan dapat di abaikan untuk semua logam, karena peningkatan kekuatan ionik menurunkan rapat ion-ion logam pada permukaan partikel yang disebabkan oleh pertukaran yang bersaing dalam lapisan elektrik rangkap dua (Connel, *et al.*, 2006:352).

Perilaku logam di dalam perairan sangat dipengaruhi oleh interaksi antara fase-fase cair dan padat, khususnya air dan sedimen. Ion-ion dan senyawa logam yang terurai secara cepat hilang dari larutan pada saat berhubungan dengan permukaan materi partikulat melalui beberapa jenis fenomena ikatan permukaan yang berbeda (Connel, *et al.*, 2006:353).

#### 2.4.3 Pengangkutan dan transformasi logam Berat di dalam biota

Terdapat tiga proses mikrobial utama yang mempengaruhi pengangkutan logam di lingkungan, yaitu (Connel, *et al.*, 2006:359):

- a. Degradasi bahan-bahan organik menjadi senyawa yang bobot molekulnya lebih rendah, yang lebih mampu untuk membentuk senyawa dengan ion-ion logam
- b. Perubahan sifat lingkungan dan bentuk kimiawi logam oleh kegiatan metabolik
- c. Perubahan senyawa anorganik menjadi bentuk organologam dengan cara proses oksidatif dan reduktif

Proses penyerapan logam dari perairan kepada makhluk hidup dapat melalui tiga proses utama, yaitu (Connel, *et al.*, 2006:360):

- a. Melalui air masuk ke saluran pernapasan
- b. Penyerapan dari air ke dalam permukaan tubuh
- c. Melalui makanan, partikel atau air yang dicerna melalui sistem pencernaan.

Dalam kasus makhluk hidup foto- dan kemoautotrof, pengambilan logam berat terjadi langsung dari larutan atau dari tanaman tingkat tinggi melalui akar. Pada makhluk hidup heterotrofik cara pemasukan logam lebih besar daripada makhluk hidup autotrofik dan sangat beragam menurut jenisnya. Penyerapan dari larutan oleh sebagian besar hewan terjadi dengan difusi pasif, kemungkinan sebagai senyawa logam yang larut melalui tahapan yang disebabkan oleh penyerapan pada permukaan tubuh dan pengikatan oleh unsur pokok tubuh. Kecepatan penyerapan dipengaruhi oleh perubahan dalam faktor fisika-kimiawi dan ciri-ciri fisiologi dan perilaku makhluk hidup tersebut (Connel, *et al.*, 2006:360).



Walaupun biota air mudah menyerap logam, naun biota air mampu mengatur kepekatan abnormal yang menentukan toleransi dan merupakan upaya penyelamatan diri. Namun, terdapat batas teratas jumlah logam yang dapat diekskresikan oleh biota air jika terjadi akumulasi di dalam jaringan tubuhnya (Connel, *et al.*, 2006:363).

#### 2.4.4 Toleransi terhadap logam

Banyak makhluk hidup yang tercemar oleh logam berat mampu mentolerir logam di dalam tubuhnya, itu berarti di dalam tubuhnya terdapat dua atau tiga kali lebih besar daripada normal. Mekanisme detoksifikasi dapat melibatkan penyimpanan logam pada tempat yang tidak aktif di dalam makhluk hidup untuk sementara atau lebih permanen. Penyimpanan sementara pada umumnya dengan terikatnya logam pada protein, polisakarida, dan asam amino di dalam jaringan lunak atau cairan tubuh. Metallothionein, secara efektif menyimpan kadmium di dalam jaringan hati dan ginjal. Tempat penyimpanan seperti tulang, bulu, rambut atau rangka luar menjadi alat-alat berguna untuk pengurangan beberapa logam (Connel, *et al.*, 2006:366).

#### 2.4.5 Pengaruh toksik terhadap individu

Terdapat sejumlah data hasil pemeriksaan secara biologis mengenai toksisitas logam akut terhadap berbagai makhluk hidup. (Connel, *et al.*, 2006:372) menekankan pembatasan data toksisitas letal dalam penelitian mengenai logam berat adalah sebagai berikut :

- a. Dalam percobaan jangka pendek, mekanisme toksisitas letal dapat berbeda dari yang dihasilkan. Contohnya, pada kepekatan yang tinggi dan waktu kontak yang pendek sebuah logam akan merusak secara letal permukaan alat pernapasan, sedang pada kepekatan yang rendah dan kontak yang lama, pengaruh letal dapat timbul dengan adanya akumulasi pada organ internal
- b. Pada banyak spesies yang besar, laju pengambilan logam relatif lambat, sehingga jangka waktu kontak yang lama dibutuhkan sebelum nilai asimptot  $LC_{50}$ .
- c. Perbandingan antara kepekatan letal untuk jangka panjang dan jangka panjang menunjukkan keterbatasan dari penggunaan kontak jangka pendek

menunjukkan keterbatasan dari penggunaan kontak jangka pendek sebagai acuan untuk memperkirakan kepekatan logam yang relatif aman.

- d. Sebagai tambahan, pengambilan logam dan toksisitas pada makhluk hidup perairan sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor fisik, kimia dan biologis.

#### 2.4.6 Pengaruh toksik terhadap lingkungan

Penilaian secara ekologis terhadap pengaruh logam pada dasarnya dirunkan dari pengamatan lapangan pada sistem perairan yang menerima limbah pertambangan, kotoran, buangan industri atau endapan lumpur yang cukup mengandung logam sehingga toksisitas dapat ditetapkan. Dampak langsung dari pencemaran logam secara ekologis merupakan yang paling siap penggolongannya oleh penelitian terhadap biota di sungai dan di danau (Connel, *et al.*, 2006:379).

Beberapa ciri umum toksisitas logam di dalam populasi dan komunitas perairan dapat disimpulkan (Connel, *et al.*, 2006:384):

- a. Ion-ion logam dan senyawanya memperlihatkan ranah toksisitas yang luas pada makhluk hidup air laut dan air tawar.
- b. Modifikasi struktur komunitas yang nyata dan hebat yang melibatkan pengurangan jumlah spesies, termasuk hilangnya spesies yang peka, khususnya pada sungai yang tercemar.
- c. Terjadi pengurangan jumlah individu spesies yang selamat dan jumlah pengurangan sesuai dengan keadaan logam

### 2.5 Timbal (Pb)

Menurut (Tarigan, 2013) faktor yang menyebabkan logam berat di kelompokkan ke dalam zat pencemar, dikarenakan logam berat tidak dapat terurai melalui biodegradasi seperti pencemar organik dan logam berat dapat terakumulasi ke dalam lingkungan. Logam berat banyak digunakan dalam berbagai keperluan terutama untuk sektor industri yang kegiatannya bersifat terus-menerus. Apabila logam-logam berat tersebut mencemari air yang selanjutnya terkontaminasi oleh organisme seperti ikan, maka akan mengumpul dalam jaringan yang menimbulkan sifat racun dan akumulatif (tidak dapat terurai oleh tubuh).

Toksisitas logam berat sangat dipengaruhi oleh faktor fisika, kimia, dan biologi lingkungan. Beberapa kasus kondisi lingkungan tersebut dapat mengubah laju absorpsi logam dan mengubah kondisi fisiologis yang mengakibatkan berbahayanya pengaruh logam. Berdasarkan toksisitasnya, logam berat digolongkan ke dalam tiga golongan, yaitu (Tarigan, 2013):

- a. Hg, Cd, Pb, As, Cu, dan Zn yang mempunyai sifat toksik yang tinggi,
- b. Cr, Ni, dan Co yang mempunyai sifat toksik menengah.
- c. Mn dan Fe yang mempunyai sifat toksik rendah.

Logam berat yang sering mengkontaminasi air yaitu timbal. Ikan yang mengkonsumsi timbal tidak mampu menguraikannya, sehingga apabila ikan tersebut dikonsumsi oleh manusia dapat membahayakan bagi kesehatan manusia (Pramudya, 2001).

#### 2.5.1 Definisi

Timbal (Pb) merupakan salah satu jenis logam berat yang sering juga disebut dengan istilah timah hitam. Timbal memiliki titik lebur yang rendah, mudah dibentuk, memiliki sifat kimia yang aktif sehingga biasa digunakan untuk melapisi logam agar tidak timbul perkaratan. Timbal merupakan salah satu logam berat yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup karena bersifat karsinogenik, dapat menyebabkan mutasi, terurai dalam jangka waktu lama dan toksisitasnya tidak berubah. Timbal merupakan bahan alami yang terdapat dalam kerak bumi (Brass, et al., 1981).



Gambar 2. 1 Timbal

Sumber : [artikelkimia.com](http://artikelkimia.com)

### 2.5.2 Baku Mutu Timbal di Perairan

Berdasarkan Peraturan Pemerintah nomor 82 tahun 2001 tentang Pengendalian Pencemaran Air telah menetapkan bahwa baku mutu timbal di perairan adalah sebesar 0,03 mg/l (Indonesia, 2001). Selain itu Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan / atau Kegiatan Usaha Lainnya untuk Industri Cat, kadar maksimum untuk timbal adalah 0,30 mg/L dan beban pencemar maksimum adalah 0,15 mg/L (Jawa Timur, 2013).

### 2.5.3 Toksisitas

Timbal adalah logam toksik yang bersifat kumulatif sehingga mekanisme toksitasnya dibedakan menurut beberapa organ yang dipengaruhinya, yaitu sebagai berikut (Palar, 2004:74):

#### a. Sistem hemopoetik

Timbal akan menghambat sistem pembentukan hemoglobin sehingga menyebabkan anemia. Secara biokimiawi, keracunan timah hitam dapat menyebabkan :

- 1) Peningkatan produksi ALA (*Amino Levulinic Acid*).
- 2) Peningkatan Protoporphirin.
- 3) Peningkatan koproporphirin.

#### b. Sistem saraf pusat dan tepi

Timbal dapat menyebabkan gangguan ensefalopati dan gejala gangguan saraf perifer. Ensefalopati merupakan bentuk keracunan Pb yang sangat buruk dengan sindrom gejala neurologis yang berat dan dapat berakhir dengan kerusakan otak atau kematian. Paling sering dijumpai pada anak kecil atau orang yang mengkonsumsi makanan/minuman tercemar Pb. Anak-anak mempunyai resiko lebih besar terhadap paparan Pb dari orang dewasa. Hal ini mungkin disebabkan oleh adanya perbedaan aktivitas metabolik internal. Terjadi kerusakan pada arteriol dan kapiler yang mengakibatkan oedema (adanya cairan) otak, meningkatnya tekanan cairan serebro spinal, degenerasi neuron dan perkembangbiakan sel glia. Secara klinis keadaan ini disertai dengan menurunnya fungsi memori dan konsentrasi, depresi, sakit kepala,

vertigo (pusing berputar-putar), tremor (gerakan abnormal dengan frekuensi cepat), stupor (penurunan kesadaran ringan), koma, dan kejang-kejang.

c. Sistem ginjal

Timbal dapat menyebabkan aminoasiduria, fosfaturia, glukosuria, nefropati, fibrosis dan atrofi glomerular. Nefropati yang ditandai oleh gangguan fungsi ginjal progresif sering disertai hipertensi. Kerusakan ginjal berupa fibrosis interstitialis kronis, degenerasi tubuler, dan perubahan vaskuler pada arteri kecil dan arteriol. Ditemukan gambaran khas, yaitu penuhnya badan inklusi intranuklear pada sel dinding tubulus. Badan inklusi merupakan kompleks protein Pb yang kemudian di ekskresi melalui urine. Degenerasi tubulus proksimal mengakibatkan menurunnya reabsorpsi asam amino, glukosa, fosfat dan asam sitrat. Pada kasus yang berat dapat terjadi sindrom Fanconi yaitu hiperamino uria (air kencing mengandung asam amino berlebihan), glukosuria dan hipofosfat uria atau kadang-kadang hiperfosfat uria. Gangguan ginjal bersifat tidak menetap. Saturnine gout adalah sebuah konsekuensi pengurangan fungsi tubuler (ginjal tubulus glomerulus), Pb berpengaruh pada ekskresi urates.

d. Sistem kardiovaskular

Timbal menyebabkan peningkatan permeabilitas kapiler pembuluh darah. Pada keracunan timbal akut beberapa pasien menderita colic yang disertai peningkatan tekanan darah. Kemungkinan timbulnya kerusakan miokard tidak dapat diabaikan. Perubahan elektro cardiografi dijumpai pada 70 % penderita dengan gejala umum berupa takikardia, disritmia atrium.

e. Sistem reproduksi

Timbal dapat menyebabkan gangguan reproduksi baik pada perempuan maupun pada laki-laki, timbal dapat menembus jaringan placenta sehingga menyebabkan kelainan pada janin. Hubungan antara kadar Pb dalam darah dan kelainan yang diakibatkan terhadap kelainan reproduksi perempuan adalah :

- 1) Kadar Pb darah  $10\mu\text{g}/\text{dl}$  dapat mengakibatkan gangguan pertumbuhan.
- 2) Kadar Pb darah  $30\mu\text{g}/\text{dl}$  mengakibatkan kelainan prematur.

3) Kadar Pb darah  $60\mu\text{g}/\text{dl}$  mengakibatkan komplikasi kehamilan.

Senyawa teratogen termasuk Pb dapat menembus janin dan dapat mengganggu pertumbuhan mulai dari usia kehamilan pada minggu ke-3 hingga minggu ke 38.

#### 2.5.4 Penanganan pencemaran timbal

Ada berbagai upaya dan tindakan untuk mencegah dan mengurangi pencemaran Pb, antara lain sebagai berikut (Sudarmadji, 2004:136):

- a. Melalui tes medis (misal tes kandungan Pb dalam darah), terutama bagi seseorang / pekerja yang terpapar Pb
- b. Selalu mewaspadaai terhadap pencemaran Pb dengan menghindari tempat-tempat yang udaranya terkena polusi gas buangan kendaraan maupun industri, khususnya bagi anak-anak dan ibu hamil
- c. Mengontrol lingkungan sebagai tempat beradanya unsur Pb bebas di udara, dan penggunaan bensin tanpa Pb merupakan salah satu alternatif yang perlu direalisasikan
- d. Memberikan informasi atau penyuluhan tentang bahaya pencemaran Pb terhadap kesehatan kepada pedagang makanan atau minuman, yang harus selalu dalam keadaan tertutup rapat pada produk dagangannya
- e. Menghindri penggunaan peralatan-peralatan dapur atau tempat makanan atau minuman yang diduga mengandung Pb (misalnya keramik berglasur, wadah yang dipatri atau mengandung cat, dan lain-lain)
- f. Melakukan pemantauan terhadap kadar Pb di udara maupun dalam makanan atau minuman secara berkesinambungan, dengan melibatkan instansi yang terkait dan suatu lembaga-lembaga penelitian

## 2.6 Adsorpsi

Adsorpsi adalah pengambilan molekul-molekul oleh permukaan luar atau permukaan dalam suatu padatan adsorben atau oleh permukaan larutan. Adsorben adalah zat padat yang dapat menyerap partikel fluida dalam suatu proses Adsorpsi. Adsorben bersifat spesifik dan terbuat dari bahan-bahan yang berpori. Pemilihan jenis adsorben dalam proses adsorpsi harus disesuaikan dengan sifat

dan keadaan zat yang akan diadsorpsi dan nilai komersilnya. Berikut ini adalah jenis-jenis adsorben (KamusQ, 2013).

Adsorben memiliki beberapa jenis yang dapat membedakannya. Berbeda jenis berbeda pula bentuknya. Jenis adsorben tersebut adalah (KamusQ, 2013):

a. Adsorben polar

Adsorben polar disebut juga *hydrophilic*. Jenis adsorben yang termasuk kedalam kelompok ini adalah silika gel, alumina aktif, dan zeolit

b. Adsorben non polar

Adsorben non polar disebut juga *hydrophobic*. Jenis adsorben yang termasuk kedalam kelompok ini adalah polimer adsorben dan karbon aktif.

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

a. 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.

b. 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).

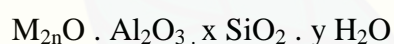
Proses biosorpsi logam berat dengan adsorben hayati merupakan proses yang kompleks dan mekanismenya bisa bervariasi tergantung bahan baku adsorbennya. Bila didasarkan pada metabolisme sel, maka mekanismenya dapat dibagi menjadi adsorpsi yang tergantung pada metabolisme sel dan yang tidak tergantung pada metabolisme sel. Bila bahan baku biosorpsi 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 elektrostatis, *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, 2012)

## 2.7 Zeolit

Istilah zeolit berasal dari kata “*zein*” (bahasa Yunani) yang berarti membuih dan “*lithos*” berarti batu. Nama ini sesuai dengan sifat zeolit yang akan membuih bila dipanaskan pada  $100^{\circ}\text{C}$ . Zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal aluminosilikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensinya. Ion-ion logam tersebut dapat diganti oleh kation lain tanpa merusak struktur zeolit dan dapat menyerap air secara reversibel (Sutarti, *et al.*, 1994:1).

Kerangka dasar struktur zeolit terdiri dari unit-unit tetrahedral  $\text{AlO}_4$  dan  $\text{SiO}_4$  yang saling berhubungan melalui atom O dan di dalam struktur tersebut  $\text{Si}^{4+}$  dapat diganti dengan  $\text{Al}^{3+}$ . Sehingga rumus empiris zeolit menjadi (Sutarti, *et al.*, 1994:1):



M = kation alkali atau alkali tanah

n = valensi logam alkali

x = bilangan tertentu (2 s/d 10)

Y = bilangan tertentu (2 s/d 7)

Jadi zeolit terdiri dari 3 komponen, yaitu (Sutarti, *et al.*, 1994:1) :

- Kation yang dipertukarkan
- Kerangka aluminosilikat
- Fase air

### 2.7.1 Sifat-sifat zeolit

Zeolit mempunyai struktur berongga dan biasanya rongga ini diisi oleh air dan kation yang bisa dipertukarkan dan memiliki ukuran pori yang tertentu. Oleh sebab itu, zeolit dapat dimanfaatkan sebagai penyaring molekuler, penukar



ion, penyerap bahan dan katalisator. Berikut adalah sifat-sifat yang dimiliki oleh zeolit, antara lain (Sutarti, *et al.*, 1994:3) :

a. Dehidrasi

Sifat dehidrasi dari zeolit akan berpengaruh terhadap sifat adsorbsinya. Zeolit dapat melepaskan molekul air dari dalam rongga permukaan yang menyebabkan medan listrik meluas ke dalam rongga utama dan akan efektif terinteraksi dengan molekul yang akan diadsorbsi. Jumlah molekul air sesuai dengan jumlah pori-pori atau volume ruang hampa yang akan terbentuk bila unit sel kristal zeolit tersebut dipanaskan.

b. Adsorbsi

Dalam keadaan normal, ruang hampa dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang berada di sekitar kation. Bila kristal zeolit dipanaskan pada suhu  $300^{\circ}\text{C}$ - $400^{\circ}\text{C}$  maka air tersebut akan keluar sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan. Beberapa jenis mineral zeolit mampu menyerap gas sebanyak 30 % dari beratnya dalam keadaan kering

Selain mampu menyerap gas atau zat, zeolit juga mampu memisahkan molekul zat berdasarkan ukuran dan kepolarannya. Meskipun ada dua molekul atau lebih yang dapat melintas, hanya sebuah saja yang dapat lolos karena adanya pengaruh kutub antara molekul zeolit dengan zat tersebut. Molekul yang tidak jenuh atau mempunyai kutub akan lebih mudah lolos daripada yang tidak berkutub atau yang jenuh. Sedangkan untuk faktor yang mempengaruhi kemampuan adsorbsi adalah agitasi, karakteristik adsorbent, daya larut, ukuran molekul zat terlarut, komposisi kimia, pH, suhu, dan waktu (Andreas & Ali, 2004).

Proses zeolit untuk dapat menyerap logam berat awalnya adalah ketika zeolit yang telah teraktivasi dengan asam, basa ataupun garam menjadi satu ikatan. Ditambahkan dengan logam berat yang terkandung pada limbah cair maka ikatan zeolit dengan larutan aktivasi akan terurai menjadi zeolit berikatan dengan logam berat tersebut.

c. Penukar Ion

Ion-ion pada rongga atau kerangka elektrolit berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion ini dapat bergerak bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi tergantung dari ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya. Sifat sebagai penukar ion dari zeolit antara lain tergantung dari sifat kation, suhu, dan jenis anion. Penukaran kation dapat menyebabkan perubahan beberapa sifat zeolit seperti stabilitas terhadap panas, sifat absorpsi dan aktifitas katalitis.

d. Katalis

Ciri paling khusus dari zeolit yang secara praktis akan menentukan sifat khusus mineral ini adalah adanya ruang kosong yang akan membentuk saluran di dalam strukturnya. Bila zeolit digunakan pada proses penyerapan atau katalitis maka akan terjadi difusi molekul ke dalam ruang bebas di antara kristal. Dengan demikian, dimensi serta lokasi saluran sangat penting.

Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai pori-pori yang besar dengan permukaan yang maksimum.

e. Penyaring atau Pemisah

Meskipun banyak media berpori yang dapat digunakan sebagai penyerap atau pemisah campuran uap atau cairan, tetapi distribusi diameter dari pori-pori media tersebut tidak cukup selektif seperti halnya penyaring molekul (zeolit) yang mampu memisahkan berdasarkan perbedaan ukuran, bentuk, dan polaritas dari molekul yang disaring.

Zeolit dapat memisahkan molekul gas atau zat lain dari suatu campuran tertentu karena mempunyai ruang hampa yang cukup besar dengan garis tengah yang bermacam-macam (berkisar antara 2 Å s/d 8 Å, tergantung dari jenis zeolit). Volume dan ukuran garis tengah ruang hampa dalam kisi-kisi kristal ini menjadi dasar kemampuan zeolit untuk bertindak sebagai penyaring molekul. Molekul yang berukuran lebih kecil dapat melintas sedangkan yang berukuran lebih besar dari ruang hampa akan tertahan atau ditolak. Hubungan antara ukuran garis tengah ruang hampa zeolit dengan molekul gas atau zat yang dapat melintas atau tertahan.

### 2.7.2 Jenis – jenis zeolit

Menurut proses pembentukannya, zeolit dapat digolongkan menjadi dua kelompok, yaitu (Sutarti, *et al.*, 1994:8) :

#### 2.7.2.1 Zeolit Alam

Zeolit alam terbentuk karena adanya proses perubahan alam ( zeolitisasi) dari batuan vulkanik tuf. Mineral zeolit telah diketahui sejak tahun 1756 oleh ahli mineralogi bangsa Swedia bernama F.A.F Cronstedt. Di alam banyak dijumpai zeolit dalam lubang-lubang batuan lava, dan dalam batuan sedimen terutama sedimen piroklastik berbutir halus. Telah diketahui lebih dari 40 jenis mineral zeolit di alam. Dari jumlah tersebut hanya 20 jenis yang terdapat dalam batuan sedimen, terutama sedimen piroklastik (Sutarti, *et al.*, 1994:8).

Pada proses pembentukan mineral / bahan galian zeolit, maka jenis mineral klinoptilolit dan filipsit akan terbentuk lebih dulu, karena kedua mineral ini merupakan mineral pendahulu / mineral bibit atau mineral penurun bagi mineral-mineral zeolit yang lain, misalnya mineral *analsim*, *heulandit*, *laumontit* dan *mordenit* (Sutarti, *et al.*, 1994:9).



Gambar 2. 2 Zeolit alam

Sumber : [pupukkita.files.wordpress.com](http://pupukkita.files.wordpress.com)

Zeolit alam dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu (Sutarti, *et al.*, 1994:9):

- a. Zeolit yang terdapat di antara celah-celah batuan atau di antara lapisan batuan

Zeolit jenis ini biasanya terdiri dari beberapa jenis mineral zeolit bersama-sama dengan mineral lain seperti kalsit, kwarsa, renit, klorit, flourit, mineral sulfida, dll

b. Zeolit yang berupa batuan

Hanya sedikit jenis zeolit yang berbentuk batuan di antaranya adalah klinoptilolit, analsim, laumontit, mordenit, filipsit, erionit, kabsit, dan heuladit. Menurut proses terbentuknya, batuan zeolit ini dapat dibedakan menjadi 7 kelompok yaitu :

- 1) Mineral zeolit yang terbentuk dari endapan gunung berapi di dalam danau asin yang tertutup
- 2) Mineral zeolit yang terbentuk di dalam danau air taar atau di dalam lingkungan air tanah terbuka
- 3) Mineral zeolit yang terbentuk di lingkungan laut
- 4) Mineral zeolit yang terbentuk karena proses metamorfose berderajat rendah, karena pengaruh timbunan
- 5) Mineral zeolit yang terbentuk oleh aktifitas hidrotermal atau air panas
- 6) Mineral zeolit yang terbentuk dari endapan gunung berapi di dalam tanah yang bersifat alkali
- 7) Mineral zeolit yang terbentuk dari batuan atau mineral lain yang tidak menunjukkan bukti adanya hubungan langsung dengan kegiatan vulkanis

Zeolit yang telah diperoleh telah dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Akan tetapi, daya serap, daya tukar ion maupun daya katalis dari zeolit belum maksimal. Untuk memperoleh zeolit dengan kemampuan tinggi diperlukan beberapa perlakuan antara lain (Sutarti, *et al.*, 1994:11):

a. Aktivasi

Proses aktivasi zeolit alam dapat dilakukan dalam 2 cara yaitu secara fisis dan kimiawi. Aktivasi secara fisis berupa pemanasan zeolit dengan tujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit, sehingga luas permukaan pori-pori bertambah. Pemanasan dilakukan dalam oven biasa pada suhu 300-400<sup>0</sup>C atau menggunakan tungku putar dengan pemanasan secara penghampaan selama 3 jam atau tanpa penghampaan selama 5-6 jam. Pengaktifan zeolit yang akan

dimanfaatkan di bidang pertanian dan pengolahan air dilakukan pada suhu  $230^{\circ}\text{C}$  selama 2,5 jam sampai 3 jam dalam oven putar.

Aktivasi secara kimia dilakukan dengan larutan asam ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) atau basa ( $\text{NaOH}$ ), dengan tujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengotor, dan mengatur kembali letak atom yang dapat dipertukarkan. Pereaksi kimia ditambahkan pada zeolit yang telah disusun dalam suatu tungku dan diaduk selama jangka waktu tertentu. Zeolit kemudian dicuci dengan air sampai netral dan selanjutnya dikeringkan.

b. Modifikasi

Sebelum digunakan, umumnya zeolit diaktivasi terlebih dahulu untuk menaikkan daya serap dan daya tukar ionnya. Di dalam proses pengolahan air, zeolit hasil aktivasi telah mampu menyerap ion logam berat yang berbentuk kation. Agar supaya zeolit dapat juga menyerap logam berat yang berupa anion, mikroorganisme, serta zat organik lain maka zeolit perlu dimodifikasi.

Ada beberapa cara modifikasi, salah satunya adalah memakai polimer organik alam. Pada cara ini zeolit dengan ukuran -200 mesh bersama  $\text{NaOH}$  0,1 N dan glutaraldehid dituangkan ke suatu tabung yang telah berisi kitosan, air dan  $\text{HCL}$  0,1 N, Campuran kemudian diaduk.. zeolit yang dihasilkan telah terlapisi oleh kitosan kemudian dipisahkan dari larutan lalu dicuci sampai netral dan dikeringkan.

#### 2.7.2.2 Zeolit Sintetis

Zeolit sintetis direkayasa oleh manusia secara proses kimia. Karena sifat zeolit yang unik yaitu susunan atom maupun komposisinya dan dimodifikasikan, maka para peneliti berupaya untuk membuat zeolit sintetis yang mempunyai sifat khusus sesuai dengan keperluannya. Dari usaha itu dapat direkayasa bermacam-macam zeolit sintetis. Sifat zeolit sangat tergantung dari jumlah komponen Al dan Si dari zeolit tersebut. oleh sebab itu maka zeolit sintetis dikelompokkan sesuai dengan perbandingan kadar komponen Al dan Si dalam

zeolit, yaitu : zeolit kadar Si rendah, zeolit Si sedang dan zeolit kadar Si tinggi (Sutarti, *et al.*, 1994:13).



Gambar 2. 3 Zeolit sintetis

Sumber : [http://green\\_energy.indonetwork.co.id/](http://green_energy.indonetwork.co.id/)

### 2.7.3 Penggunaan Zeolit

Beberapa cakupan penggunaan zeolit dalam prakteknya dapat digunakan sebagai (Sutarti, *et al.*, 1994:20) :

#### a. Bidang Peternakan

Ada beberapa kegunaan zeolit dalam bidang peternakan, yaitu sebagai penggemukan ternak, pencampuran alas kandang agar membantu menyerap bau dari amoniak yang timbul dan penyerap kontaminan tambak akibat meningkatnya keasaman air.

#### b. Bidang Pertanian

Ada beberapa kegunaan zeolit dalam bidang peternakan, yaitu sebagai pupuk, peningkatan produksi, penyerap logam berat dalam tanah, dan perantara herbisida dan fungisida

#### c. Bidang Kedokteran dan Kesehatan

Dalam bidang kedokteran, zeolit berguna untuk tapal gigi, resin gigi, semen gigi serta mahkota gigi. Sedangkan dalam hal kesehatan, zeolit berguna untuk penghilang bau napas dan penanganan luka bakar

#### d. Bidang Bangunan

Dalam bidang bangunan, fungsi dari zeolit adalah sebagai bahan baku pembuatan semen, agrerat ringan, penyerap air atau zat pengotor, dan lain-lain.

e. Bidang Lingkungan

Dalam bidang lingkungan, zeolit biasa digunakan untuk pengolahan air. Air yang dimaksud adalah air yang berasal dari air tanah, air sungai, limbah industri, limbah rumah tangga dan limbah pertanian. Peranan zeolit pada air buangan kota dan air buangan industri adalah untuk menyerap logam berat seperti Fe, Mn, zn, Cu, sehingga terjadi penurunan konsentrasi sampai pada tingkat yang tidak membahayakan

Selain itu, zeolit dapat juga digunakan untuk menangani limbah radioaktif dan penanganan udara tercemar. Zeolit alam maupun sintetis dapat menyaring molekul nitrogen dalam campuran biner  $O_2-N_2$  (udara) sehingga akan memperkaya  $O_2$  dalam udara. Percobaan oleh Barierr dan Donnie serta Hay tahun 1938 dan 1968 membuktikan bahwa nitrogen dapat diserap secara terpilah dari udara oleh zeolit

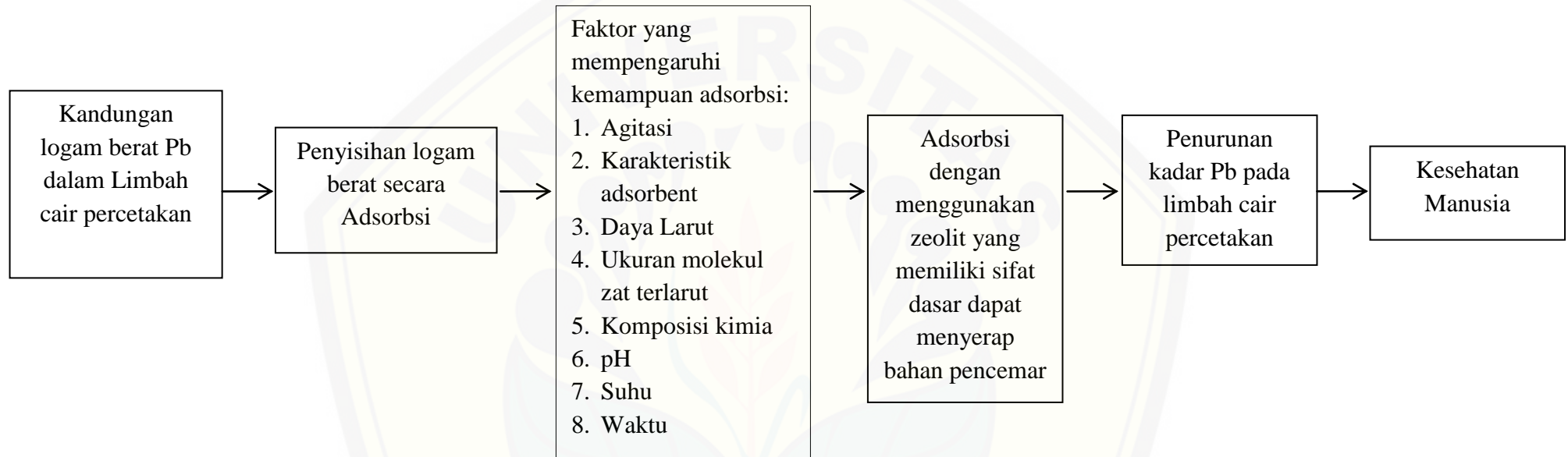
f. Bidang Industri

Banyak industri yang menggunakan zeolit. Salah satunya dalah industri kertas yang menggunakan zeolit sebagai bahan pengisi, bahan penyerap tinta, serta meningkatkan ketahanan terhadap panas, sinar dan asam. Dalam industri sabun, zeolit digunakan sebagi penyusun detergen dan penurun kesadahan air. Sedangkan dalam industri ban, zeolit digunakan sebagi pencegahan polimerisasi pada proses vulkanisasi, serta meningkatkan modulus elastisitas.

g. Lain-lain

Dalam bidang lainnya, zeolit biasa digunakan sebagai pengeringan sayuran dan buah-buahan, anti mikroba atau bakteri, pelunak kain dan penambah daya kilap semir sepatu

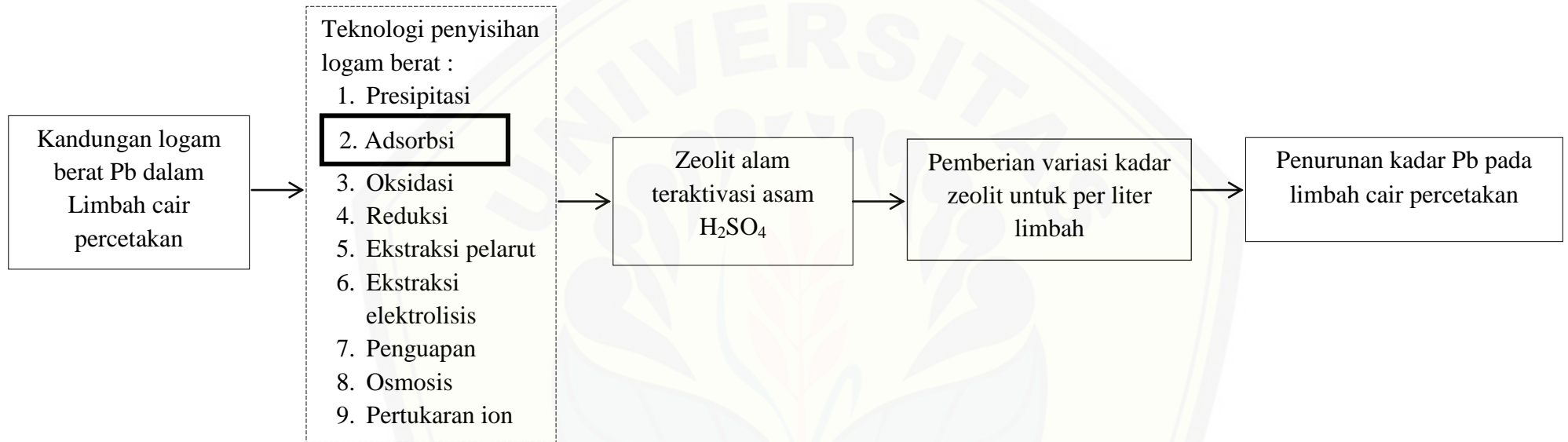
2.8 Kerangka Teori



Gambar 2. 4 Kerangka Teori  
 Sumber : (Amir & Djajaningrat, 1998); (Andreas & Ali, 2004)



2.9 Kerangka Konseptual



Gambar 2. 5 Kerangka Konseptual

————— : 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) (Hasrianti, 2012:20). Penelitian ini merupakan aplikasi dari teknologi penyisihan logam berat yaitu berupa adsorpsi. Ada beberapa hal yang dapat mempengaruhi proses adsorpsi tersebut, yaitu agitasi, karakteristik adsorbent, daya larut, ukuran molekul zat terlarut, komposisi kimia, pH, suhu, dan waktu (Andreas & Ali, 2004:170). Adsorpsi disini menggunakan media zeolit alam teraktivasi. Aktivasi yang digunakan menggunakan asam  $H_2SO_4$ . Media zeolit yang telah teraktivasi nantinya akan dikontakkan dengan limbah cair percetakan yang nantinya akan menurunkan kadar Pb dalam limbah cair. Dalam proses pengontakan ada variasi yang akan dilihat manakah yang paling efektif untuk menurunkan kadar Pb per liternya yaitu variasi kadar zeolit. Adapun hasil akhir dari proses adsorpsi menggunakan zeolit teraktivasi ini adalah menurunnya kadar Pb pada limbah cair percetakan. Penurunan kadar Pb pada limbah cair ini dapat menurunkan tingkat pencemaran lingkungan yang nantinya akan berdampak kepada kesehatan manusia

### 2.11 Hipotesis

- a. Terdapat perbedaan kadar Pb limbah cair percetakan yang tidak diberi perlakuan dengan yang diberi perlakuan penambahan konsentrasi zeolit 15 gram/L selama 60 menit.
- b. Terdapat perbedaan kadar Pb limbah cair percetakan yang tidak diberi perlakuan dengan yang diberi perlakuan penambahan konsentrasi zeolit 30 gram/L selama 60 menit.
- c. Terdapat perbedaan Pb limbah cair percetakan yang tidak diberi perlakuan dengan yang diberi perlakuan penambahan konsentrasi zeolit 60 gram/L selama 60 menit
- d. Terdapat perbedaan penurunan kadar Pb limbah cair percetakan tanpa perlakuan dan yang diberi perlakuan penambahan konsentrasi zeolit 15 gram/L, 30 gram/L dan 60 gram/L

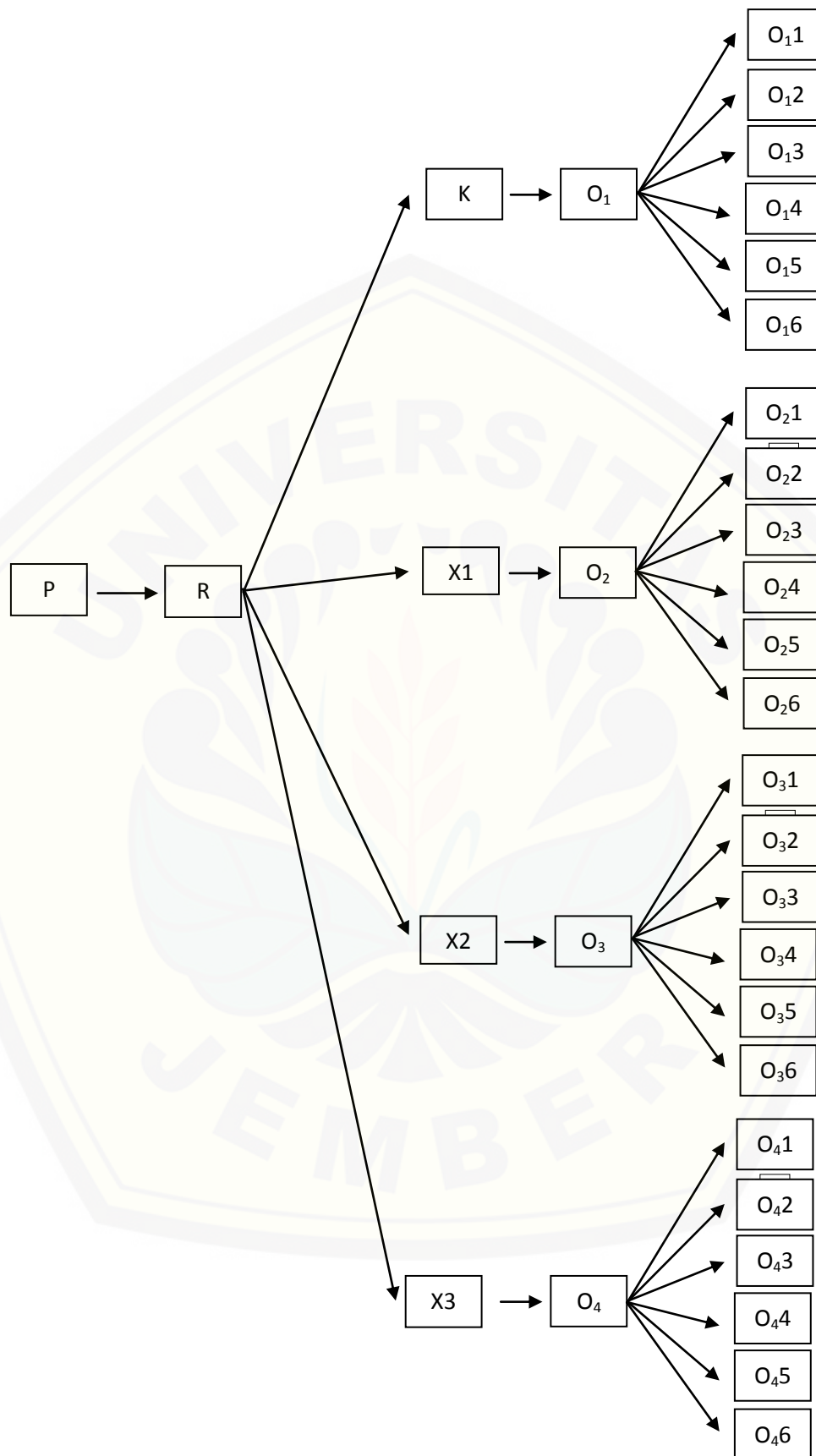
### BAB 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Jenis Penelitian

Metode Penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental. Eksperimental adalah observasi di bawah kondisi buatan di mana kondisi tersebut dibuat dan diatur oleh peneliti. Sedangkan penelitian true eksperimental adalah studi eksperimen dimana peneliti dapat mengontrol semua variabel luar yang mempengaruhi jalannya eksperimen. Dengan demikian validitas internal (kualitas pelaksanaan rancangan penelitian) dapat menjadi tinggi (Sugiyono, 2012:75).

Desain eksperimen yang digunakan adalah *True Eksperimental Design* dengan bentuk *Posttest Only Control Group Design*. Pada desain eksperimental ini terdapat dua kelompok, yaitu kelompok pertama adalah kelompok yang tidak diberi perlakuan yang disebut kontrol (K) dan kelompok kedua adalah kelompok yang diberikan perlakuan (X), serta pengaruh adanya perlakuan yaitu (O).

Pada penelitian ini dibagi menjadi 4 kelompok, yaitu satu kelompok kontrol (K) dan 3 kelompok perlakuan ( $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ). Untuk kelompok kontrol (K) tanpa diberikan zeolit. Kelompok perlakuan satu ( $X_1$ ) diberikan zeolit sebanyak 15 gram. Kelompok perlakuan dua ( $X_2$ ) diberikan perlakuan zeolit sebanyak 30 gram. Kelompok perlakuan tiga ( $X_3$ ) diberikan perlakuan zeolit sebanyak 60 gram. Setelah diberi perlakuan ( $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ), limbah cair percetakan akan diukur kadar Pb pada 60 menit kemudian.



Gambar 3. 1 Rancangan Penelitian Zeolit

**Keterangan :**

P	: Populasi
R	: Random
K	: Kontrol
X1	: Zeolit sebanyak 15 gram/L
X2	: Zeolit sebanyak 30 gram/L
X3	: Zeolit sebanyak 60 gram/L
O <sub>1</sub> 1-O <sub>1</sub> 6	: Pengukuran kadar Pb pada kelompok kontrol
O <sub>2</sub> 1-O <sub>2</sub> 6	: Pengukuran kadar Pb pada kelompok perlakuan 15 gram/L
O <sub>3</sub> 1-O <sub>3</sub> 6	: Pengukuran kadar Pb pada kelompok perlakuan 30 gram/L
O <sub>4</sub> 1-O <sub>4</sub> 6	: Pengukuran kadar Pb pada kelompok perlakuan 60 gram/L

**3.2 Tempat dan Waktu Penelitian****3.2.1 Tempat Penelitian**

Penelitian dilakukan di Laboratorium Analitik Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Jember dengan metode SSA untuk pemeriksaan kadar Pb pada limbah cair percetakan.

**3.2.2 Waktu Penelitian**

Penelitian dilakukan selama bulan Februari-Oktober 2016. Kegiatan ini dimulai dengan penyusunan proposal skripsi, pelaksanaan penelitian, analisis hasil penelitian hingga penyusunan laporan skripsi.

**3.3 Objek dan Replikasi****3.3.1 Objek**

Objek air baku dalam penelitian eksperimental ini adalah limbah cair percetakan yang diambil dari salah satu percetakan yang ada di Jember. Sampel limbah cair percetakan diambil dengan cara pengambilan sampel menggunakan metode grab sample atau contoh sesaat. Grab samples adalah limbah cair yang diambil sesaat (satu kali saja) pada satu lokasi tertentu sesuai dengan SNI 6989.59:2008. Diameter zeolit yang digunakan dalam penelitian ini adalah zeolit dengan diameter yang disamakan yaitu 40 mesh (Andreas dan Ali, 2004:174).

### 3.3.2 Replikasi

Jumlah pengulangan / replikasi yang akan dilakukan dalam penelitian ini dapat dihitung menggunakan rumus (Hanafiah, 2005:12) :

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

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

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

$$3n-3 \geq 15$$

$$3n \geq 18$$

$$n \geq 18/3$$

$$n \geq 6$$

Keterangan :

t : perlakuan / *treatment*, yaitu 4

n : pengulangan / replikasi

15 : faktor nilai derajat kesehatan

Diketahui nilai n adalah 6, artinya setiap perlakuan dilakukan pengulangan/replikasi sebanyak enam kali. Jumlah pengulangan / replikasi ditetapkan dengan rumus :

$$\text{Total replikasi} = n \times t$$

$$= 6 \times 4$$

$$= 24$$

Jumlah pengulangan / replikasi dari empat perlakuan adalah 24 pengulangan / replikasi.

Tabel 3. 1 Urutan Replikasi

Kelompok	Perlakuan 1	Perlakuan 2	Perlakuan 3
Kontrol	15 gram	30 gram	60 gram
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>

### 3.4 Identifikasi Variabel, Definisi Operasional, Cara Pengukuran, Hasil Pengukuran dan Skala Data

#### 3.4.1 Variabel Penelitian

Variabel ukuran atau ciri yang dimiliki oleh anggota-anggota suatu kelompok yang berbeda dengan ciri kelompok lain (Notoatmodjo, 2012:103). Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

a. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang tergantung atas variabel lain (Notoatmodjo, 2010:103). Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kadar Pb pada limbah cair percetakan.

b. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau sebab dari variabel terikat (Notoatmodjo, 2010:103). Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jumlah zeolit dalam masing-masing percobaan. Pada perlakuan pertama diberikan zeolit sebanyak 15 gram, perlakuan kedua diberikan zeolit sebanyak 30 gram dan perlakuan ketiga diberikan zeolit sebanyak 60 gram. Penentuan berat zeolit yang menjadi patokan adalah 15 gram (Emelda, *et al*, 2013:167). Selanjutnya peneliti menggunakan 15 gram sebagai patokan dan memberikan dua variasi berat yang lain dengan memberi selisih dua kali dari masa sebelumnya.

Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah kadar Pb pada limbah cair percetakan. Lama waktu yang digunakan untuk selama 60 menit agar zeolit dapat menurunkan kadar Pb pada limbah cair percetakan. Penentuan waktu ini berdasarkan jurnal Emelda, *et al* tahun 2013 bahwa waktu optimum untuk mengkontakkan zeolit adalah 60 menit.

#### 3.4.2 Definisi Operasional, Cara Pengukuran dan Skala Data

Definisi Operasional adalah suatu definisi yang diberikan kepada suatu variabel atau konstruk dengan cara memberikan arti atau menspesifikasikan kegiatan, ataupun memberikan suatu operasional yang diperlukan untuk mengukur konstruk atau variabel tertentu. Definisi operasional yang diberikan kepada variabel dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :



Tabel 3. 2 Definisi Operasional, Cara Pengukuran, Hasil Pengukuran dan Skala Data

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Pengukuran	Hasil Pengukuran (Satuan)	Skala Data
1	2	3	4	5	
1	Limbah Cair Percetakan	Semua bahan buangan yang berbentuk cair yang kemungkinan mengandung logam berat Pb dari proses percetakan	Observasi	Liter (L)	Rasio
	a. Kadar Pb	Jumlah berat dalam mg/liter logam Pb dalam limbah cair percetakan sebelum dan sesudah mengalami perlakuan penelitian	Uji Laboratorium menggunakan metode AAS	Kadar dalam mg/liter	Pb Rasio
2	Perlakuan	Suatu intervensi yang akan diberikan kepada eksperimen untuk mencari yang paling baik	Observasi		
	a. Variasi kadar Zeolit	Banyaknya jumlah zeolit dalam kg yang akan memenuhi bak perlakuan 1) Pada perlakuan pertama, kadar zeolit yang digunakan adalah 15 gram dan dimasukkan ke dalam 1 liter limbah cair percetakan 2) Pada perlakuan kedua, kadar zeolit yang digunakan adalah 30 gram dan dimasukkan ke dalam 1 liter limbah cair percetakan 3) Pada perlakuan ketiga, kadar zeolit yang digunakan adalah 60 gram dan dimasukkan ke dalam 1 liter		Gram (g)	Rasio

---

limbah      cair  
percetakan

---

### 3.5 Teknik dan Alat Pengumpul Data

#### 3.5.1 Teknik pengumpul data

##### a. Observasi

Observasi yaitu suatu prosedur yang berencana meliputi melihat, mendengar, dan mencatat situasi tertentu yang berhubungan dengan masalah penelitian (Notoatmodjo, 2012: 131). Pemantauan dilakukan dengan melakukan pengukuran kadar Pb pada limbah cair percetakan sesudah mendapat perlakuan zeolit di laboratorium

##### b. Dokumentasi

Dokumentasi adalah metode yang dilakukan untuk meningkatkan ketepatan pengamatan (Nazir, 2005:28). Dokumentasi dilakukan dengan mengambil gambar pada tahap percobaan

#### 3.5.2 Alat pengumpul data

Instrumen yang digunakan dalam observasi adalah kamera

### 3.6 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

#### 3.6.1 Alat

- a. Botol
- b. Jerigen
- c. Oven
- d. Timbangan Analitik
- e. Spektrofotometer Serapan Atom (AAS)
- f. Gelas Ukur
- g. Labu Ukur
- h. Pipet
- i. Balon karet isap
- j. Gelas erlenmeyer
- k. pH meter

- l. alat tulis
- m. *stop watch*
- n. *Magnetic Stirer*
- o. *Stirer*
- p. Lumbung Porselen
- q. *Shievsheaker*

### 3.6.2 Bahan

- a. Limbah cair industri percetakan
- b. *Aquadest*
- c.  $H_2SO_4$
- d. Zeolit Alam

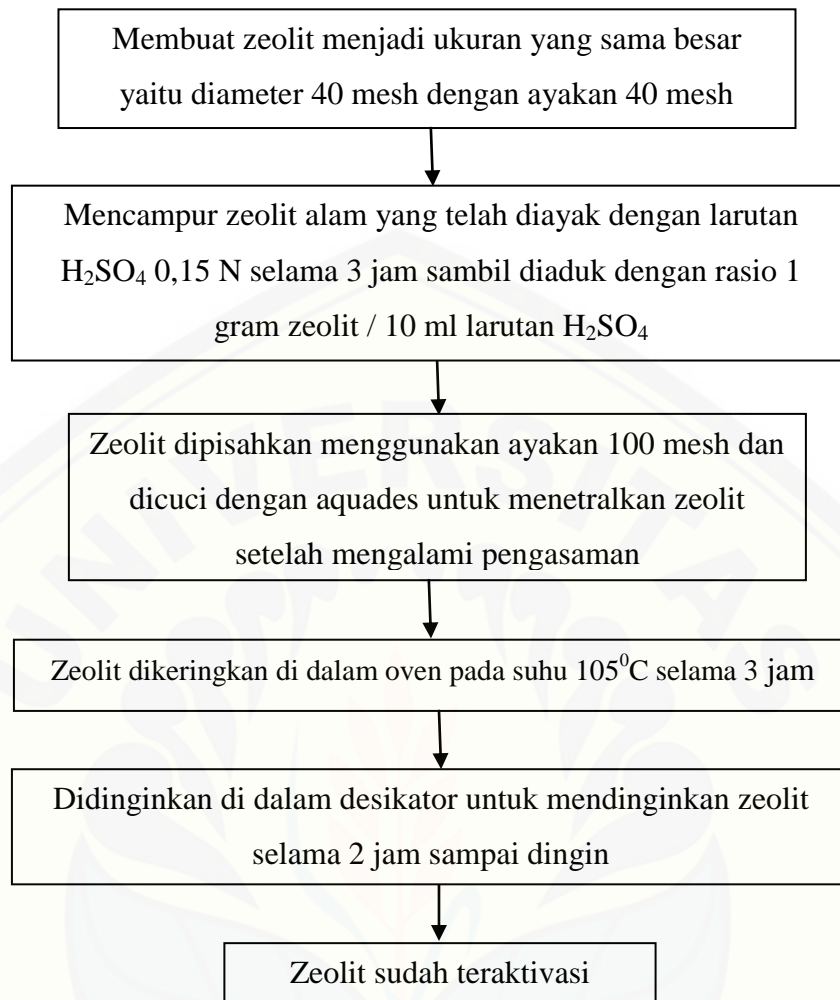
### 3.7 Prosedur Penelitian

#### a. Pre Eksperimen

Dalam pre eksperimen dilakukan beberapa tahapan yaitu sebagai berikut :

##### 1) Proses Aktivasi Zeolit

Zeolit yang digunakan adalah zeolit alam sebanyak 630 gram. Proses aktivasi zeolit dilakukan di Laboratorium Farmasetika Fakultas Farmasi Universitas Jember. Proses aktivasi zeolit dapat digambarkan dalam bagan dibawah ini :



Zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal aluminosilikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensinya. Ion-ion logam tersebut dapat diganti oleh kation lain tanpa merusak struktur zeolit dan dapat menyerap air secara reversibel (Sutarti, *et al.*, 1994:1). Zeolit merupakan salah satu adsorben alternatif yang memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi karena memiliki pori yang banyak dan dapat diaplikasikan pada rentang suhu yang luas sehingga sangat cocok digunakan sebagai adsorben (Solikah & Utami, 2014).

Zeolit yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 2 kg untuk mendapatkan berat 630 gram. Langkah pertama dalam proses pembuatan zeolit alam teraktivasi adalah membuat zeolit menjadi ukuran 40 mesh

dengan menggunakan alat penghancur lumbung porselen lalu diayak dengan ayakan 60 mesh agar ukuran zeolit yang diinginkan dapat tertahan. Langkah kedua adalah mencampur zeolit alam yang telah diayak dengan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,15 N selama 3 jam sambil diaduk menggunakan kecepatan 600 rpm dengan rasio 1 gram zeolit / 10 ml larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Pembuatan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,15 N dibuat dengan menggunakan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  konsentrasi 98 %. Setelah dikonversikan, untuk mendapatkan 0,15 N maka dibutuhkan 36 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  yang dicampurkan pada aquades. Setelah dicampurkan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,15 N telah siap digunakan.

Langkah ketiga adalah zeolit dipisahkan menggunakan ayakan 100 mesh dan dicuci dengan aquades untuk menetralkan zeolit, ph meter digunakan dalam langkah ini untuk memastikan zeolit telah netral. Langkah keempat adalah Zeolit dikeringkan di dalam oven pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$  selama 3 jam. Langkah terakhir adalah mendinginkan zeolit dari oven dalam desikator selama 2 jam sampai zeolit dingin. Zeolit alam teraktivasi sudah siap digunakan.

## 2) Penimbangan Zeolit

Penimbangan zeolit sesuai dengan berat pada setiap perlakuan. Yang harus disiapkan adalah zeolit 15 gram sebanyak 6, 30 gram sebanyak 6 dan 60 gram sebanyak 6.

## b. Eksperimen

Dalam pre eksperimen dilakukan beberapa tahapan yaitu sebagai berikut :

### 1) Pengambilan sampel air limbah cair percetakan

Air limbah cair percetakan berasal dari percetakan. Limbah cair percetakan diambil sebanyak 24 liter. Air limbah dimasukkan kedalam Jerigen. Jerigen sebelumnya harus dihomogenkan terlebih dahulu dengan air baku.

### 2) Menyiapkan wadah zeolit

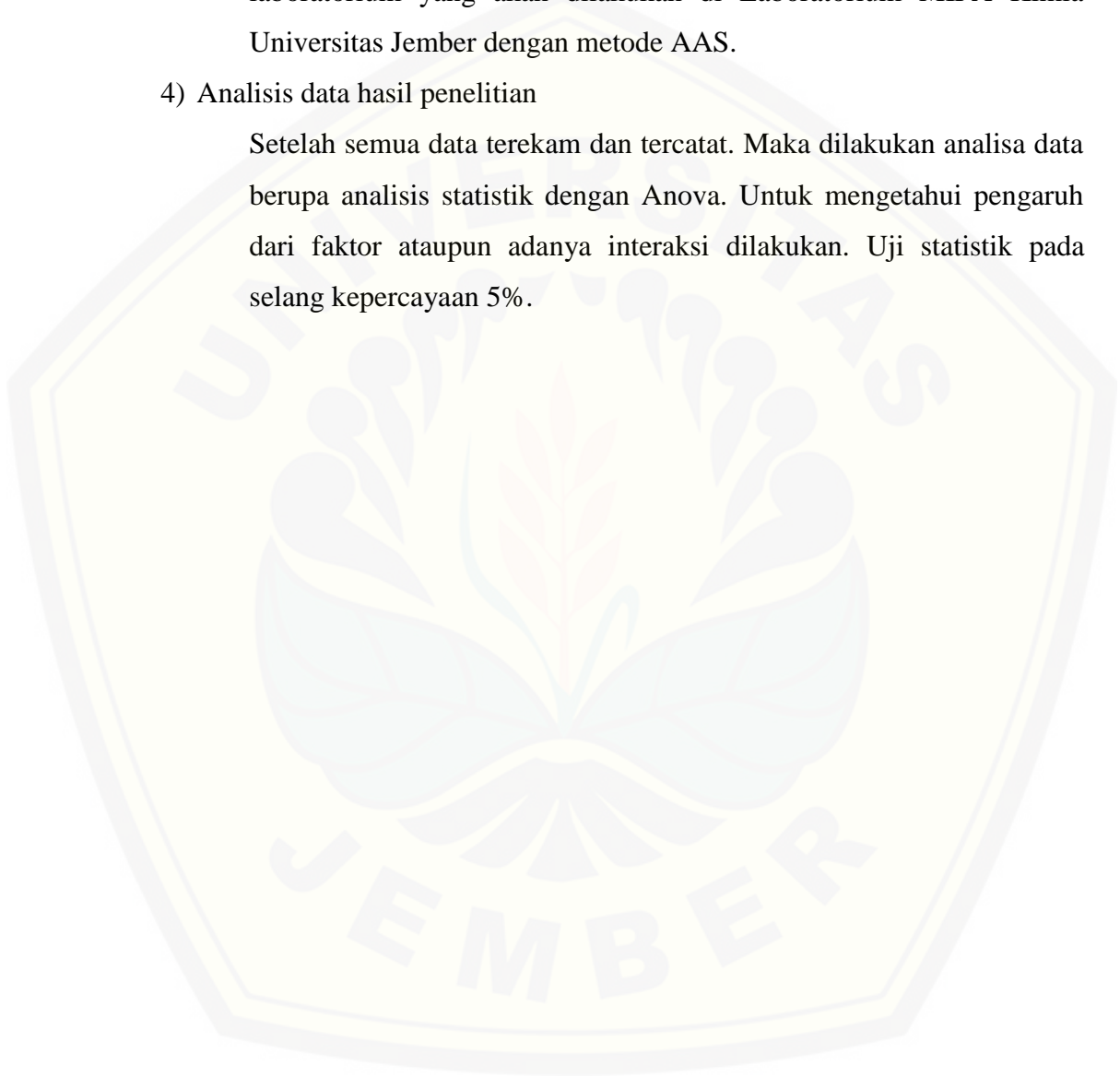
Menyiapkan wadah untuk menempatkan zeolit yaitu beaker glass.

### 3) Pengamatan Parameter

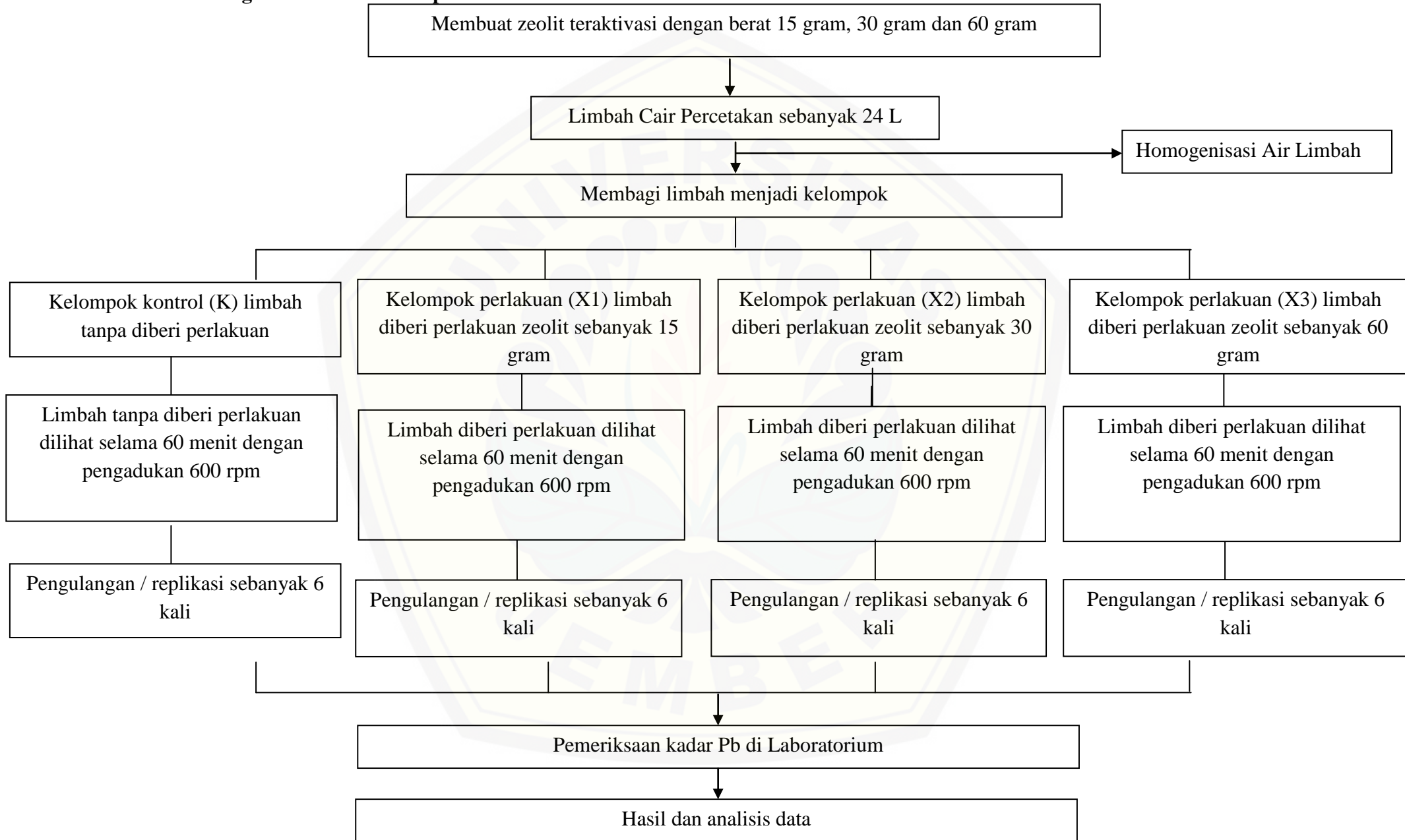
Penelitian ini untuk mengetahui apakah terdapat penurunan atau tidak maka perlu waktu untuk didiamkan selama 60 menit. Cara untuk mengetahui apakah ada penurunan apakah tidak maka dilakukan uji laboratorium yang akan dilakukan di Laboratorium MIPA Kimia Universitas Jember dengan metode AAS.

### 4) Analisis data hasil penelitian

Setelah semua data terekam dan tercatat. Maka dilakukan analisa data berupa analisis statistik dengan Anova. Untuk mengetahui pengaruh dari faktor ataupun adanya interaksi dilakukan. Uji statistik pada selang kepercayaan 5%.



3.8 Kerangka Alur Prosedur Operasional



Gambar 3. 3 Kerangka Alur Prosedur Operasional Zeolit

### 3.9 Jenis dan Sumber Data

#### 3.9.1 Data Primer

Data primer merupakan sumber data yang langsung memberikan data kepada pengumpul data (Sugiyono, 2014:62). Data primer yaitu data yang didapat dari pengumpulan hasil observasi efektifitas zeolit dalam penurunan kadar Pb pada limbah percetakan.

#### 3.9.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan sumber tidak langsung memberikan data kepada pengumpul data (Sugiyono, 2014:62). Data sekunder yaitu data yang diperoleh dari jurnal-jurnal yang berkaitan dengan penelitian ini

### 3.10 Teknik Penyajian dan Analisis Data

#### 3.10.1 Teknik Penyajian Data

Penyajian data merupakan bagian dalam proses penelitian yang bertujuan untuk menginformasikan hasil penelitian. Teknik penyajian bertujuan untuk memudahkan pembaca dalam memahami informasi dalam penelitian (Hidayat, 2010:175). Penyajian data dibuat secara sederhana dan jelas agar lebih mudah dipahami. Adapun teknik penyajian data dalam penelitian ini adalah penyajian dalam bentuk teks (*textular*), penyajian dalam bentuk tabel, dan penyajian dalam bentuk grafik. Data tersebut diperoleh dari uji coba efektifitas zeolit terhadap penurunan kadar Pb pada limbah cair percetakan.

#### 3.10.2 Teknik Analisis Data

Penelitian ini untuk mengetahui apakah zeolit efektif dalam penurunan kadar Pb pada limbah cair percetakan dengan menggunakan uji One Way Anova. Uji *one way anova* merupakan uji yang digunakan untuk mengetahui beda lebih dari dua rata-rata. Uji *one way anova* digunakan jika data tidak berdistribusi normal dan skala data interval rasio. Uji normalitas dilakukan juga pada penelitian ini untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal ataukah tidak. Uji yang digunakan adalah *Kolmogorov Smirnov*. *Software* pengolah data statistik digunakan untuk menguji *one way anova* dengan interval kepercayaan 95% untuk melihat perbedaan masing-masing variabel bebas terhadap variabel terikat



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

1. Uji Normalitas

Uji normalitas untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal ataukah tidak. Asumsinya adalah jika signifikansi lebih dari 0,05 maka dapat dikatakan bahwa data berdistribusi normal dan bisa menggunakan uji *One Way Anova*.

2. 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  $F_{hitung} \geq F_{tabel 0,05}$ , maka seluruh varian populasi adalah berbeda

3. 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 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:

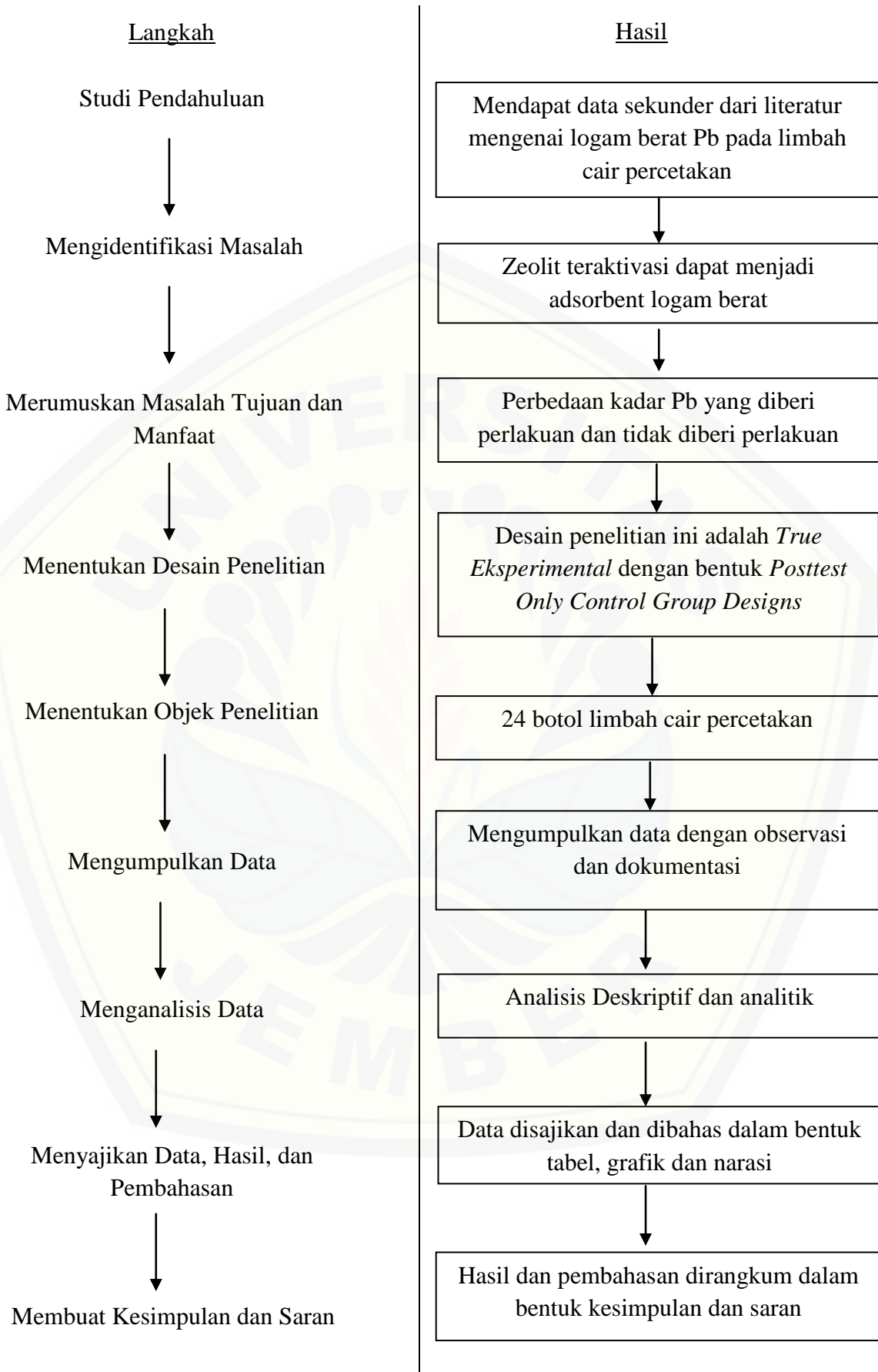
Jika  $F_{hitung} < F_{tabel 0,05}$ , maka  $H_0$  diterima

Jika  $F_{hitung} \geq F_{tabel 0,05}$ , maka  $H_0$  ditolak (Ghozali, 2009)

4. Test Post Hoc (*Post Hoc Test*)

Test Post Hoc digunakan untuk mengetahui lebih lanjut perbedaan yang terjadi antar kelompok dengan menggunakan salah satu fungsi *Tukey*.

### 3.11 Kerangka Alur Penelitian



Gambar 3. 4 Kerangka Alur Penelitian

## BAB 5. KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

- a. Rerata kadar Pb limbah cair industri percetakan tanpa perlakuan selama 60 menit adalah sebesar 0,3226 mg/l, masih jauh lebih tinggi dari baku mutu timbal yang telah ditetapkan pada PP 82 tahun 2001 yaitu sebesar 0,03 mg/l.
- b. Rerata kadar Pb limbah cair industri percetakan yang diberi perlakuan penambahan konsentrasi zeolit 15 gram/L ( $X_1$ ) selama 60 menit adalah sebesar 0,1989 mg/l, masih jauh lebih tinggi dari baku mutu timbal yang telah ditetapkan pada PP 82 tahun 2001 yaitu sebesar 0,03 mg/l.
- c. Rerata kadar Pb limbah cair industri percetakan yang diberi perlakuan penambahan konsentrasi zeolit 30 gram/L ( $X_2$ ) selama 60 menit adalah sebesar 0,1541 mg/l, masih jauh lebih tinggi dari baku mutu timbal yang telah ditetapkan pada PP 82 tahun 2001 yaitu sebesar 0,03 mg/l.
- d. Rerata Kadar Pb limbah cair industri percetakan yang diberi perlakuan penambahan konsentrasi zeolit 60 gram/L ( $X_3$ ) selama 60 menit adalah sebesar 0,2061 mg/l, masih jauh lebih tinggi dari baku mutu timbal yang telah ditetapkan pada PP 82 tahun 2001 yaitu sebesar 0,03 mg/l.
- e. Persentase penurunan kadar Pb limbah cair industri percetakan pada kelompok  $X_1$  sebesar 38 %. Persentase penurunan kadar Pb limbah cair industri percetakan pada kelompok  $X_2$  sebesar 52 %. Persentase penurunan kadar Pb limbah cair industri percetakan pada kelompok  $X_3$  sebesar 36 %. Penurunan terbesar ada pada kelompok perlakuan kedua ( $X_2$ ) dengan penambahan konsentrasi zeolit alam teraktivasi sebanyak 30 gram/L.
- f. Hasil Uji *One Way* ANOVA menyebutkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan  $X_2$  yaitu sebesar 0,027. Artinya bahwa kelompok perlakuan  $X_2$  adalah kelompok yang memiliki perbedaan yang nyata atau signifikan.

## 5.2 Saran

- a. Pihak industri percetakan dapat mengaplikasikan zeolit alam teraktivasi ini untuk menurunkan kadar Pb pada limbah cair yang dihasilkan.
- b. Pihak Kantor Lingkungan Hidup dapat menghimbau kepada pihak industri yang ada di Jember untuk menggunakan zeolit alam teraktivasi guna menurunkan logam Pb sebelum dibuang ke lingkungan
- c. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang penggunaan zeolit dengan ukuran yang lebih kecil. Sesuai teori yang ada, makin kecil ukuran zeolit maka penyerapannya juga akan lebih maksimal.
- d. Perlu adanya kontrol pada variabel lainnya, yaitu suhu, pH, dan daya larut pada limbah cair industri percetakan untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Adamsons, W.A. 1976. *Physical Chemistry of Surface*. Interscience. New York.
- Adhi, Antono., & Susanto, Sebastian Adi. 2013. Pengaruh Pemilihan Tinta Terhadap Kualitas Cetak Dalam Industri Percetakan Koran. *Dinamika Teknik Vol. VII, No. 1 Januari 2013 Hal 9 – 16*. <http://download.portalgaruda.org/article.php?article=129777&val=554> {Diakses pada 29 Juni 2016}
- Afrianita, Reri., Dewilda, Yommi., & Fitri, Rafiola. 2013. Efisiensi dan Kapasitas Penyerapan Fly Ash sebagai Adsorben dalam Penyisihan Logam Timbal (Pb) Limbah Cair Industri Percetakan di Kota Padang. *Jurnal Teknik Lingkungan Vol. X, No. 1 Hal 1-10*. <http://lingkungan.ft.unand.ac.id/images/fileTL/Dampak%2011-1/8-REA%20v.pdf> {Diakses pada 25 Maret 2016}
- Amir, H., & Djajaningrat, S. (1998). *Penilaian Secara Cepat Sumber Sumber Pencemaran Air, Tanah dan Udara*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Andreas, Djatmiko Poerwadio., & Ali Masduqi. (2004). *Penurunan Kadar Besi Oleh Media Zeolit Alam Ponorogo Secara Kontinyu*. *Jurnal Purifikasi*, Vol.5., No.4 : 169-174. [http://personal.its.ac.id/files/pub/2091-ali-masduqi-zeolit\\_ponorogo.pdf](http://personal.its.ac.id/files/pub/2091-ali-masduqi-zeolit_ponorogo.pdf) {Diakses pada 27 Desember 2015}
- Bhaliqa, D. A. (2012). *Tinjauan umum percetakan PT.Golden Web Ltd Cabang Bandung*. Laporan Kerja Praktek, Universitas Komputer Indonesia, Bandung. <http://elib.unikom.ac.id/download.php?id=75385>. {Diakses pada 8 Januari 2016}
- Brass, & Strauss. (1981). *Air Pollution Control*. New York.
- Connel, & Miller. (2006). *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Emelda, Lisanti & Suhardini (2013). Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi untuk Adsorpsi Logam Krom (Cr<sup>3+</sup>). *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan Vol.9, No.4, 166-172*. <http://jurnal.unsyiah.ac.id/RKL/article/view/1229> {Diakses pada 7 Februari 2016}

- Ghozali, I. (2009). *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program SPSS*. Semarang :BP Universitas Dipenogoro
- Ginting, Simparmin. 2009. Analisis Kinetika Pertukaran Ion  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{H}^+$  pada Zeolit Alam Lampung dengan Shrinking Core Model. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan Vol.7, No.2, hal. 50-56*.  
<http://download.portalgaruda.org/article.php?article=47926&val=3953> {Diakses pada 1 September 2016}
- Hanafiah, K. A. (2008). *Rancangan Percobaan Aplikatif : Aplikasi Kondisional Bidang Pertamanan, Peternakan, Perikanan, Industri, dan Hayati*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Hasrianti. (2012) . *Adsorpsi Ion  $\text{Cd}^{2+}$  dan  $\text{Cr}^{6+}$  pada Limbah Cair Menggunakan Kulit Singkong*. Thesis. Makassar : Universitas Pasca Sarjana Universitas Hasanudin.  
<http://repository.unhas.ac.id/bitstream/handle/123456789/5804/12-%20Adsorpsi%20Ion%20Cd%2B%20dan%20Cr6%2B%20pada%20Limbah%20Cair%20Rumah%20Sakit.pdf?sequence=1> {Diakses pada 10 Februari 2016}
- Hidayat, A. (2010). *Metode Penelitian Kesehatan*. Surabaya : Health Book Publishing
- Indonetwork. 2016. Zeolit Sintesis 3 Amstrong.  
[http://green\\_energy.indonetwork.co.id/product/zeolit-sintesis-3-amstrong-1152641](http://green_energy.indonetwork.co.id/product/zeolit-sintesis-3-amstrong-1152641) {Diakses pada 29 Juni 2016}
- KamusQ. (2013). *Pengertian dan Definisi Adsorben*.  
<http://www.kamusq.com/2013/04/adsorben-adalah-pengertian-dan-definisi.html> {Diakses pada 15 Februari 2016}
- Khoiri, A. (2015). *Pedoman Penulisan Skripsi*. Jember : Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.
- Kimolo, Endro., Nurimaniwathy & Ridantami, Vemi. 2013. Reduksi Volume Limbah Radioaktif Cair Menggunakan Zeolit Alam. *Prosiding Seminar Penelitian dan Pengelolaan Perangkat Nuklir Yogyakarta. ISSN 1410-8178. Hal 7-13*.  
[http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/46/116/46116495.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/46/116/46116495.pdf) {Diakses pada 31 Agustus 2016}
- Kurniasari, L., Riwayati, I., Suwardiyono. (2012). Pektin sebagai Alternatif Bahan Baku Biosorben Logam Berat. *Jurnal Momentum, Vol. 8., No.1 : 1-5*.

<file:///C:/Users/USER/Downloads/278-667-1-PB.pdf> {Diakses pada 20 Februari 2016}

Mufrodi, Z., Widiastuti, N., dan Kardika, RC. (2008). *Adsorpsi Zat Warna Tekstil dengan Menggunakan Abu Terbang (Fly Ash) untuk Variasi Adsorben dan Suhu Operasi*. Seminar Nasional. Yogyakarta : Universitas Ahmad Dahlan.

<http://server2.docfoc.us/uploads/Z2015/11/18/2M8i343OJV/d9e664621dcad0382f3b24f9bbf042ad.pdf> {Diakses pada 1 Maret 2016}

Mukono, H. (2006). *Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan*. Surabaya : Airlangga University Press

Nazir. (2005). *Metode Penelitian*. Jakarta : Penerbit Gahlia Indonesia.

Ngandayani, D. 2011. *Pengaruh Konsentrasi Adsorbat, Temperatur, dan Tegangan Permukaan pada Proses Adsorpsi Gliserol Oleh Karbon Aktif*. Skripsi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta. <https://eprints.uns.ac.id/8983/> {Diakses pada 2 September 2016}

Notoatmodjo. (2010). *Metodologi Penelitian Kesehatan III*. Jakarta: PT Rineka Cipta.

Notoatmodjo. (2012). *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Jakarta : Rineka Cipta

Ogata, F., Tominaga, H., Yabutani, H. and Kawasaki, N. 2011. *Removal of Floride Ions from Water by Adsorption onto Carbonaceous Materials Produced from Coffee Grounds*. *Journal of Oleo Science*, 60:619-125. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22123243> {Diakses pada 31 Agustus 2016}

Palar, D. H. (2004). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: PT Rineka Cipta.

Peraturan Gubernur. (2013). *Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan / atau Kegiatan Usaha Lainnya. Jawa Timur*. <http://www.airlimbah.com/wp-content/uploads/2015/09/PERGUBJATIM-72-2013.pdf> {Diakses pada 21 Februari 2016}

Peraturan Pemerintah. (2001). *Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengendalian Pencemaran Air*. [https://www.minerba.esdm.go.id/library/sijh/PP8201\\_KualitasAir.pdf](https://www.minerba.esdm.go.id/library/sijh/PP8201_KualitasAir.pdf) {Diakses pada 21 Februari 2016}

- Percetakan Offset. 2016. Proses Cetak Dengan Mesin Percetakan Offset. <http://pabrikdus.com/percetakan-jakarta-article/26-proses-cetak-dengan-mesin-percetakan-offset> {Diakses pada 29 Juni 2016}
- Pramudya, S. (2001). *Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001*. Jakarta: PT Grasindo.
- Production, O. (2015, Maret 7). *Pengertian dan Sejarah Percetakan* . <http://orsemaproductio.com/pengertian-dan-sejarah-percetakan/> {Diakses pada 19 Februari 2016}
- Putra, Dhafid Etana., Astuti, Fitri Puji., Suharyadi, Edi. 2014. Studi Penurunan Kadar Logam Besi (Fe) pada Limbah Batik dengan Sistem Purifikasi Menggunakan Absorben Nanopartikel Magnetic (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>). *Jurnal Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI Jateng & DIY*. [http://hfi-diyjateng.or.id/sites/default/files/1/FULL-Studi%20Penurunan%20Kadar%20Logam%20Besi%20\(Fe\)%20pada%20Limbah%20Batik%20dengan%20Sistem%20Purifikasi%20Menggunakan%20Absorben%20Nanopartikel%20Magnetic%20\(Fe3O4\).pdf](http://hfi-diyjateng.or.id/sites/default/files/1/FULL-Studi%20Penurunan%20Kadar%20Logam%20Besi%20(Fe)%20pada%20Limbah%20Batik%20dengan%20Sistem%20Purifikasi%20Menggunakan%20Absorben%20Nanopartikel%20Magnetic%20(Fe3O4).pdf) {Diakses pada 2 Maret 2016}
- Regina, Giantika., Shinta, Elystia., & Zultiniar. (2015). Pemanfaatan Tanah Lempung Untuk Menurunkan Konsentrasi Logam Pb dan Cr dari Limbah Cair Industri Percetakan Koran. *Jurnal JOM FTEKNIK Vol.2., No.2*. <http://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEKNIK/article/download/8349/8018> {Diakses pada 5 Maret 2016}
- Said, Muhammad., Prawati, Ari., & Murenda, Eldis. 2008. Aktifasi Zeolit Alam Sebagai Adsorbent Pada Adsorpsi Larutan Iodium. *Jurnal Teknik Kimia, No.4, Vol. 15*. <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:PI5rd9IZ014J:jtk.unsri.ac.id/index.php/jtk/article/download/59/60+&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=id> {Diakses pada 2 September 2016}
- SNI 06-6989.8-2004 tentang *Air dan Air Limbah-Bagian 8: Cara Uji Timbal (Pb) dengan Spektrofometri Serapan Atom (SSA)-Nyala*
- SNI 6989.59:2008 tentang *Air dan Air Limbah –Bagian 59: Metode Pengambilan Contoh Air Limbah*
- Soeparman, & Suparmin. (2002). *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair*. Jakarta: Kedokteran EGC.



- Soetiyo. (2002). Sistem Pengelolaan Limbah B-3 di Indonesia Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (P3TL), Deputi Bidang Teknologi Informasi, Energi, Mineral dan Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). <http://www.kelair.bppt.go.id/Publikasi/BukuB3/B3.html> {Diakses pada 9 Maret 2016}
- Solikah, Siti & Budi Utami. (2014). Perbedaan Penggunaan Adsorben Dari Zeolit Alam Teraktivasi Dan Zeolit Terimmobilisasi Dithizon Untuk Penyerapan Ion Logam Berat ( $\text{Cu}^{2+}$ ). Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia VI. Surakarta : UNS. <http://snkpk.fkip.uns.ac.id/wp-content/uploads/2015/03/PENGARUH-PENGGUNAAN-ADSORBEN-DARI-ZEOLIT-ALAM-TERRIMOBILISASI-DITHIZON-UNTUK-PENYERAPAN-ION-TEMBAGA-Cu2-1.pdf> {Diakses pada 2 September 2016}
- Sudarmadji. (2004). *Pengantar Ilmu Lingkungan*. Jember: Universitas Jember.
- Sugiyono. (2012) *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bnadung : Alfabeta
- Sugiyono. (2014). *Memahami Penelitian Kualitatif*. Bandung : Alfabeta.
- Supraptiningsih, Suraswati, A., & Sholeh, M. (2006). Penggunaan Zeolit Alam untuk Mengurangi Kandungan Krom dan  $\text{NH}_4^+$  dalam Air Limbah Penyamakan Kulit. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik Vol.22., No.1* : 16-19. [https://www.academia.edu/25096745/Penggunaan\\_zeolit\\_alam\\_untuk\\_mengurangi\\_kandungan\\_krom\\_dan\\_nh4\\_dalam\\_air\\_limbah\\_penyamakan\\_kulit](https://www.academia.edu/25096745/Penggunaan_zeolit_alam_untuk_mengurangi_kandungan_krom_dan_nh4_dalam_air_limbah_penyamakan_kulit) {Diakses pada 1 Februari 2016}
- Sutarti, & Rachmawati. (1994). *Zeolit : Tinjauan Literatur*. Jakarta: Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah.
- Tarigan. (2013). *Kandungan Kadmium (Cd) Pada Air Sungai Dan Ikan Mas (Cyprius Carpio Linnaeus) Di Sungai Code Kota Yogyakarta*. Skripsi. Yogyakarta : Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Teknologi, B. P. (2015). Teknologi Pengelolaan Limbah Industri Percetakan. <http://www.kelair.bppt.go.id/Publikasi/BukuLimbahCairIndustri/05cetak.pdf> {Diakses pada 2 Februari 2016}
- Theme, Andrea. 2009. Solusi Agribisnis. <https://pupukkita.wordpress.com/> {Diakses pada 29 Juni 2016}

Wardhana, W. A. (2004). *Dampak Pencemaran Lingkungan Edisi Revisi* . Yogyakarta: Andi.

Yamin, Darsyah. 2014. Penggunaan Stem And Leaf Dan Boxplot Untuk Analisis Data. *Jurnal Program Studi Statistika, No. 1, Vol.01*. <http://download.portalgaruda.org/article.php?article=166397&val=6071&title=PENGUNAAN%20STEM%20AND%20LEAF%20DAN%20BOXPLOT%20UNTUK%20ANALISIS%20DATA> {Diakses pada 19 Oktober 2016}



## Lampiran A

## KURVA KALIBRASI

Kadar Pb (Timbal)

Konsentrasi Larutan Standar (ppm)	Absorbansi
0.2	0.006
0.4	0.013
0.6	0.019
0.8	0.025
1	0.032

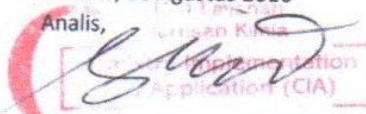
Persamaan Kurva Kalibrasi Standar  $Y = 0,031X$   $R = 0,999$

Data Absorbansi Larutan Sampel

No	Kode Sampel	Absorbansi			Rata-Rata	Konsentrasi (ppm)
		1	2	3		
1	01-1	0.002	0.004	0.004	0.0033	0.1075
2	01-2	0.016	0.013	0.014	0.0143	0.4624
3	01-3	0.006	0.009	0.011	0.0087	0.2796
4	01-4	0.006	0.011	0.017	0.0113	0.3656
5	01-5	0.009	0.009	0.008	0.0087	0.2796
6	01-6	0.015	0.012	0.014	0.0137	0.4409
7	02-1	0.012	0.012	0.011	0.0117	0.3763
8	02-2	0.004	0.003	0.005	0.0040	0.1290
9	02-3	0.002	0.005	0.006	0.0043	0.1398
10	02-4	0.004	0.006	0.008	0.0060	0.1935
11	02-5	0.006	0.009	0.005	0.0067	0.2151
12	02-6	0.003	0.004	0.006	0.0043	0.1398
13	03-1	0.004	0.004	0.006	0.0047	0.1505
14	03-2	0.004	0.003	0.003	0.0033	0.1075
15	03-3	0.009	0.004	0.006	0.0063	0.2043
16	03-4	0.002	0.002	0.004	0.0027	0.0860
17	03-5	0.005	0.005	0.004	0.0047	0.1505
18	03-6	0.009	0.006	0.006	0.0070	0.2258
19	04-1	0.003	0.002	0.007	0.0040	0.1290
20	04-2	0.01	0.011	0.006	0.0090	0.2903
21	04-3	0.002	0.003	0.004	0.0030	0.0968
22	04-4	0.008	0.012	0.008	0.0093	0.3011
23	04-5	0.004	0.005	0.009	0.0060	0.1935
24	04-6	0.007	0.008	0.006	0.0070	0.2258

Jember, 10 Agustus 2016

Analisis,



Application (CIA)

UNEJ

JUN RACHMASARI

**Lampiran B**

## 1. Uji Normalitas Kelompok Kontrol

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		hasil
N		6
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	,322600
	Std. Deviation	,1306552
Most Extreme Differences	Absolute	,204
	Positive	,142
	Negative	-,204
Test Statistic		,204
Asymp. Sig. (2-tailed)		,200 <sup>c,d</sup>

- Test distribution is Normal.
- Calculated from data.
- Lilliefors Significance Correction.
- This is a lower bound of the true significance.

2. Uji Normalitas Kelompok Perlakuan Pertama ( $X_1$ )**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		hasil
N		6
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	,198917
	Std. Deviation	,0934173
Most Extreme Differences	Absolute	,265
	Positive	,265
	Negative	-,227
Test Statistic		,265
Asymp. Sig. (2-tailed)		,200 <sup>c,d</sup>

- Test distribution is Normal.
- Calculated from data.
- Lilliefors Significance Correction.
- This is a lower bound of the true significance.

3. Uji Normalitas Kelompok Perlakuan Kedua ( $X_2$ )**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		HASIL
N		6
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	,154100
	Std. Deviation	,0538443
Most Extreme Differences	Absolute	,193
	Positive	,193
	Negative	-,158
Test Statistic		,193
Asymp. Sig. (2-tailed)		,200 <sup>c,d</sup>

- Test distribution is Normal.
- Calculated from data.
- Lilliefors Significance Correction.
- This is a lower bound of the true significance.

4. Uji Normalitas kelompok Pelakuan Ketiga ( $X_3$ )**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		HASIL
N		6
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	,206083
	Std. Deviation	,0831293
Most Extreme Differences	Absolute	,178
	Positive	,156
	Negative	-,178
Test Statistic		,178
Asymp. Sig. (2-tailed)		,200 <sup>c,d</sup>

- Test distribution is Normal.
- Calculated from data.
- Lilliefors Significance Correction.
- This is a lower bound of the true significance.

5. Tes Homogenitas

**Test of Homogeneity of Variances**

hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,286	3	20	,306

6. Uji *One way Anova*

**ANOVA**

hasil

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,093	3	,031	3,484	,035
Within Groups	,178	20	,009		
Total	,271	23			

7. Uji *Post Hoc*

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: hasil

	(I) perlakuan	(J) perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval
						Lower Bound
Tukey HSD	Control	O1	,1236833	,0544727	,139	-,028782
		O2	,1685000*	,0544727	,027	,016034
		O3	,1165167	,0544727	,175	-,035949
	O1	kontrol	-,1236833	,0544727	,139	-,276149
		O2	,0448167	,0544727	,843	-,107649
		O3	-,0071667	,0544727	,999	-,159632
	O2	kontrol	-,1685000*	,0544727	,027	-,320966
		O1	-,0448167	,0544727	,843	-,197282
		O3	-,0519833	,0544727	,776	-,204449
O3	kontrol	-,1165167	,0544727	,175	-,268982	
	O1	,0071667	,0544727	,999	-,145299	
	O2	,0519833	,0544727	,776	-,100482	

Lampiran C

PRE EKSPERIMEN



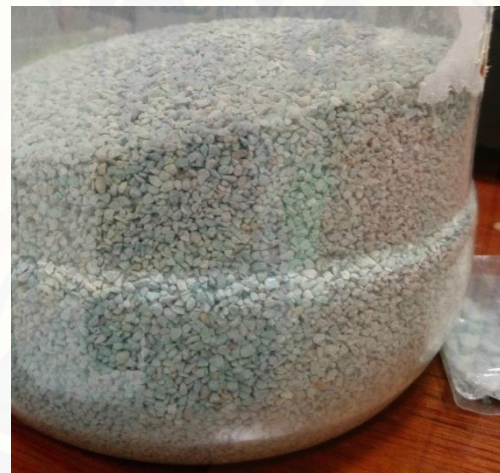
Gambar 1. Zeolit Alam yang digunakan dalam penelitian



Gambar 2. Proses penumbukan zeolit alam



Gambar 3. Proses pengayakan zeolit untuk mendapatkan ukuran yang sama



Gambar 4. Zeolit alam dengan ukuran 40 mesh sebanyak 840,33 gram



Gambar 5. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> untuk aktivasi secara kimia



Gambar 6. Pengambilan 0,36 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>



Gambar 7. Proses pencampuran H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan aquades

Gambar 8. Pencampuran H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan sedikit aquades agar tercampur rata



Gambar 9. Pencampuran dengan aquades yang lainnya untuk mendapatkan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,15 N

Gambar 10. Memasukkan 100 gr zeolit alam ke dalam 1 L larutan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,15 N



Gambar 11. Proses pengadukan dengan kecepatan 600 rpm selama 3 jam

Gambar 12. Proses penyaringan zeolit alam teraktivasi dan proses penetralan





Gambar 13. Proses penetralan zeolit alam teraktivasi dengan aquades



Gambar 14. Persiapan proses pengukuran air cucian zeolit alam teraktivasi dengan pH meter



Gambar 15. Pengukuran air cucian zeolit alam teraktivasi dengan pH meter



Gambar 16. Persiapan pengovenan untuk mengurangi kadar air



Gambar 17. Pengovenan zeolit alam teraktivasi dalam suhu 105°C selama 3 jam



Gambar 18. Pendinginan dalam desikator



Gambar 19. Zeolit Alam Teraktivasi menghasilkan 617,619 gram



Gambar 20. Penimbangan zeolit alam teraktivasi sesuai perlakuan yang diberikan

**EKSPERIMEN**



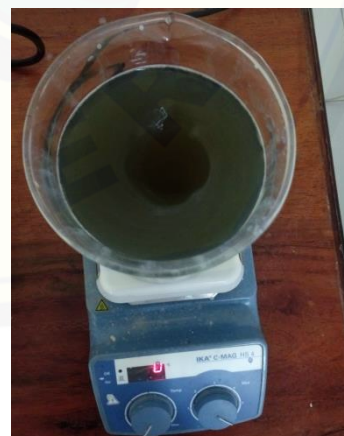
Gambar 21. Zeolit alam teraktivasi yang telah disiapkan



Gambar 22. Limbah cair industri percetakan



Gambar 23. Limbah cair industri percetakan



Gambar 24. Proses pengadukan limbah cair dengan zeolit alam teraktivasi pada kecepatan 600 rpm selama 60 menit



Gambar 25. Proses pengadukan limbah cair dengan zeolit alam teraktivasi pada kecepatan 600 rpm selama 60 menit



Gambar 26. Persiapan penyaringan setelah pengadukan



Gambar 27. Penyaringan zeolit alam teraktivasi dari limbah cair



Gambar 28. Sampel limbah cair setelah perlakuan yang akan dikirim ke laboratorium