



**PEMANFAATAN CANGKANG TELUR PUYUH SEBAGAI MEDIA
ADSORBEN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb)**

SKRIPSI

Oleh

**Wilda Faradila
NIM 142110101002**

**PROGRAM STUDI S1 KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



**PEMANFAATAN CANGKANG TELUR PUYUH SEBAGAI MEDIA
ADSORBEN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb)**

SKRIPSI

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

Oleh

**Wilda Faradila
NIM 142110101002**

**PROGRAM STUDI S1 KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

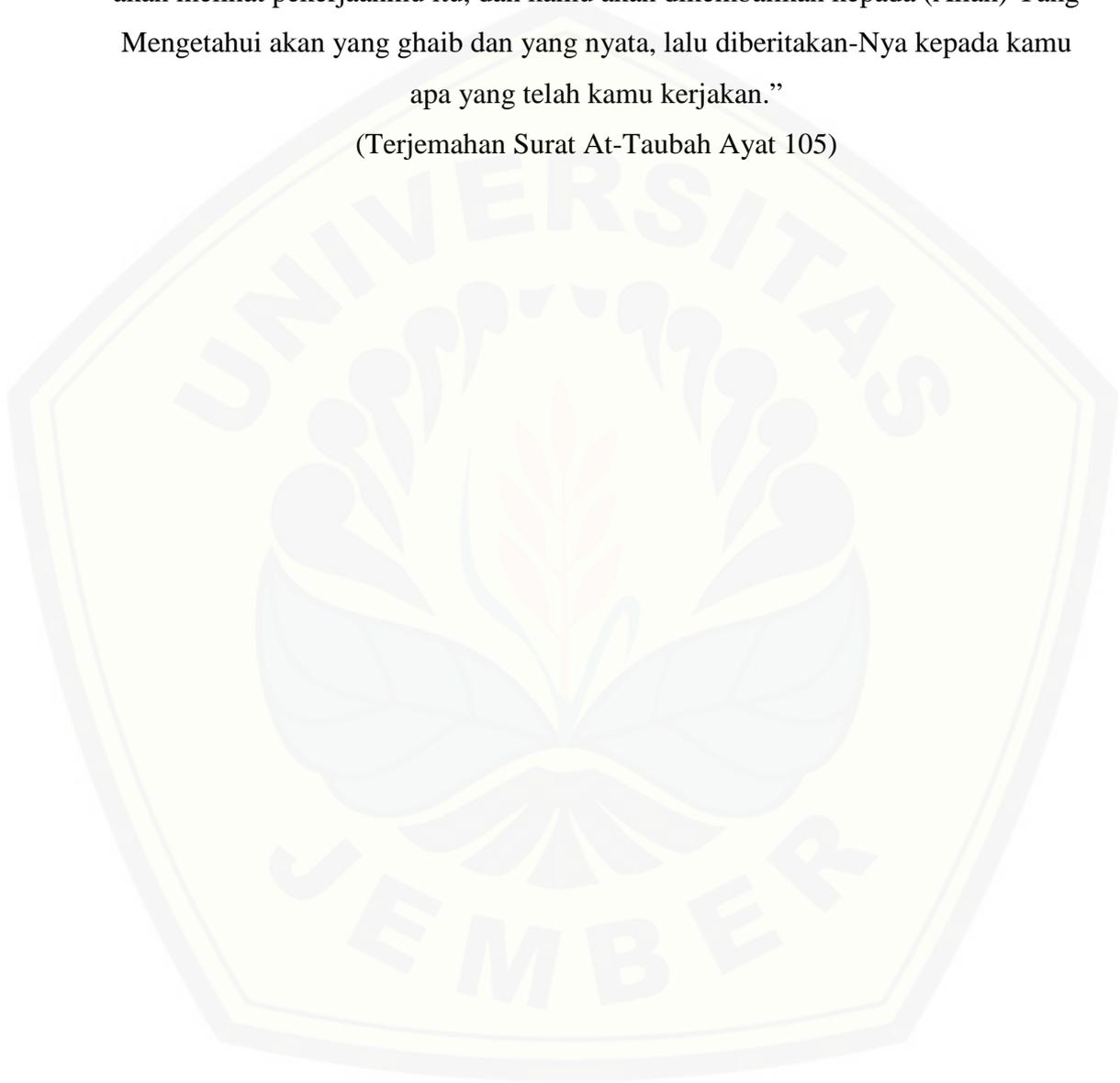
Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua tercinta, Ibunda Sri Suryani dan Ayahanda Nuryahudi yang telah memberikan kasih sayang, limpahan doa, dan dukungan serta pengorbanan selama menempuh pendidikan hingga bangku perkuliahan.
2. Bapak Ibu guruku/dosenku di TK Dharma Wanita Sekarputih, SDN 1 Sekarputih, MTsN Kedunggalar, SMAN 2 Ngawi, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember yang telah berjasa dalam memberikan ilmu, bimbingan dan pengalamannya.
3. Almamater yang saya banggakan Fakultas Kesehatan Masyarakat.

MOTTO

¹“Bekerjalah kamu, maka Allah dan Rasul-Nya serta orang-orang mukmin akan melihat pekerjaanmu itu, dan kamu akan dikembalikan kepada (Allah) Yang Mengetahui akan yang ghaib dan yang nyata, lalu diberitakan-Nya kepada kamu apa yang telah kamu kerjakan.”

(Terjemahan Surat At-Taubah Ayat 105)



¹. Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. Al Quran dan Terjemahannya. Semarang: PT Kumusdamoro Grafindo

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Wilda Faradila

NIM : 142110101002

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul : Pemanfaatan Cangkang Telur Puyuh sebagai Media Adsorben Logam Berat Timbal (Pb) 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 prinsip ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 24 Juli 2019

Yang menyatakan,

Wilda Faradila
NIM 142110101002

PEMBIMBINGAN

SKRIPSI

**PEMANFAATAN CANGKANG TELUR PUYUH SEBAGAI MEDIA
ADSORBEN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb)**

Oleh:

Wilda Faradila
NIM 142110101002

Pembimbing

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

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul *Pemanfaatan Cangkang Telur Puyuh sebagai Media Adsorben Logam Berat Timbal (Pb)* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember pada :

Hari : Rabu
Tanggal : 10 Juli 2019
Tempat : Ruang Sidang 1

Pembimbing		Tanda tangan
1. DPU	: Anita Dewi Moelyaningrum., S.KM.,M.Kes NIP. 198111202005012001	(.....)
2. DPA	: Rahayu Sri Pujiati., S.KM.,M.Kes NIP. 197708282003122001	(.....)
Penguji		
1. Ketua	: Andrei Ramani, S.KM., M.Kes NIP. 198008252006041005	(.....)
2. Sekretaris	: Prehatin Trirahayu Ningrum, S.KM.,M.Kes NIP. 198505152010122003	(.....)
3. Anggota	: Hary Basuki, S.T NIP. 196904282003121003	(.....)

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Jember

Irma Prasetyowati, S.KM.,M.Kes.
NIP. 198005162003122002

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Skripsi yang berjudul “*Pemanfaatan Cangkang Telur Puyuh sebagai Media Adsorben Logam Berat Timbal (Pb)*” sebagai salah satu persyaratan akademis dalam rangka menyelesaikan Program Sarjana S-1 Kesehatan Masyarakat di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

Dalam skripsi ini dijabarkan bagaimana penurunan kadar timbal (Pb) pada air sumur sekitar TPA Pakusari menggunakan serbuk cangkang telur puyuh teraktivasi termal, sehingga nantinya dapat menjadi bahan pertimbangan dalam penyelenggaraan pengelolaan air atau limbah tercemar yang berdampak baik bagi kesehatan lingkungan dan kesehatan masyarakat di Kabupaten Jember.

Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak akan terselesaikan dengan baik tanpa bantuan, bimbingan, serta petunjuk dan motivasi dari berbagai pihak, maka dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan rasa terimakasih dan penghargaan yang 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 meluangkan waktu untuk memberikan petunjuk, koreksi, saran, perhatian dan motivasi sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini penyusun juga menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang tak terhingga kepada :

1. Ibu Irma Prasetyowati, S.KM., M.Kes., selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.
2. Bapak Dr. Isa Ma'rufi, M.Kes selaku ketua Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan dan Keselamatan Kerja.
3. Bapak Andrei Ramani, S.KM., M.Kes, selaku Ketua Penguji Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember

4. Ibu Prehatin Trirahayu Ningrum, S.KM., M.Kes, selaku Sekretaris Penguji Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.
5. Bapak Hary Basuki, S.T yang telah bersedia menjadi anggota penguji untuk skripsi saya.
6. Seluruh bapak Ibu dosen Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember yang telah memberikan banyak ilmu dan pelajaran.
7. Pihak TPA Pakusari Kabupaten Jember yang telah membantu memberikan sampel air sumur.
8. Kedua orang tua dan adik saya tercinta yang selalu memberikan limpahan doa, kasih sayang, dukungan serta pengorbanan yang tak terhingga.
9. Para sahabat dan teman saya yang telah banyak membantu serta memberikan motivasi, semangat, kebahagiaan dan pengalaman yang luar biasa untuk menyelesaikan skripsi ini Mega, Nopel, Ari, Mya, Kiki dan Ika.
10. Teman-teman FKM 2014, teman-teman peminatan kesehatan lingkungan 2014, terimakasih atas kebersamaan, doa dan semangatnya sehingga penyusun bersemangat menyelesaikan studi ini.
11. Semua pihak yang membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu, dengan tulus penulis mengucapkan terimakasih tak terhingga semoga Allah SWT membalas kebaikan Saudara/Saudari semua.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Proposal Skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis berharap adanya kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan Proposal Skripsi ini. Atas perhatian dan dukungannya, penulis mengucapkan terima kasih.

Jember, 22 Juli 2019

Penyusun

RINGKASAN

Pemanfaatan Cangkang Telur Puyuh sebagai Media Adsorben Logam Berat Timbal (Pb); Wilda Faradila; 142110101002. 67 halaman; Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

Penimbunan sampah secara terus-menerus di TPA dapat menghasilkan pencemar berupa air lindi (*leachate*). Lindi memiliki potensi besar mencemari badan air sekelilingnya, terutama air tanah. Menurut penelitian yang dilakukan Widyasari sumur monitoring TPA Pakusari mengandung logam berat timbal yang melebihi baku mutu lingkungan yaitu sebesar 0,164 mg/l. Paparan Pb bisa menyebabkan gangguan sistem gastrointestinal, sistem reproduksi (penurunan libido, siklus menstruasi terganggu, keguguran pada kehamilan dan infertilitas pada laki-laki), sistem kardiovaskuler, sistem endokrin, penurunan IQ, gangguan syaraf. Kandungan timbal (Pb) yang tinggi pada darah juga mengakibatkan meningkatnya risiko osteoporosis dan meningkatkan risiko karies gigi.

Penanganan yang dapat dilakukan untuk mengatasi pencemaran logam timbal (Pb) dengan melakukan pengelolaan dengan metode adsorpsi. Perkembangan konsumsi telur puyuh selama tahun 2015 – 2016 di Indonesia rata-rata mengalami kenaikan sebesar 16,4 %. Konsumsi telur yang meningkat membuat berbagai cangkang telur dianggap sebagai limbah yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Cangkang telur puyuh memiliki kadar CaCO_3 (55,46%) dan protein (asam amino). Memiliki pori-pori mengandung asam protein mukopolisakarida yang dapat dikembangkan menjadi suatu adsorben dan berperan sebagai senyawa aktif dalam proses adsorpsi. Asam amino memiliki gugus penting, yaitu karboksil, amina, dan sulfat yang dapat mengikat ion logam membentuk suatu ikatan ikonik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan kadar Pb pada air sumur kelompok kontrol dan kelompok perlakuan.

Metode penelitian ini adalah *True Experimental*. Tahap pertama yaitu membuat serbuk cangkang telur puyuh, kemudian diayak menggunakan ayakan dengan ukuran 100 mesh. Terdapat empat kelompok, masing-masing kelompok

terdiri dari 6 replikasi. Kelompok pertama yaitu kelompok yang tidak diberi perlakuan penambahan massa serbuk cangkang telur puyuh 0 g/l (kontrol), kelompok kedua dengan perlakuan penambahan massa serbuk cangkang telur puyuh teraktivasi 1,5 g/l (P1), kelompok ketiga yaitu penambahan serbuk cangkang telur puyuh teraktivasi 3,5 g/l (P2), dan kelompok keempat yaitu penambahan serbuk cangkang telur puyuh teraktivasi 5,5 g/l. Waktu kontak serbuk cangkang telur puyuh teraktivasi termal dengan air sumur yaitu selama 10 menit.

Hasil penelitian dilakukan uji normalitas kemudian tes homogenitas, setelah itu dilakukan uji Anova. Hasil uji *One Way Anova* dengan $\alpha = 0,05$ menunjukkan bahwa tingkat signifikansi sebesar 0,000 artinya seluruh kelompok perlakuan memiliki rata-rata populasi yang berbeda, baik pada kelompok kontrol, kelompok P1, P2 dan P3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelompok penambahan serbuk cangkang telur puyuh teraktivasi sebanyak 5,5 g/l memiliki penurunan tertinggi dari pada kelompok lainnya yaitu dengan persentase 85,71 %. Saran bagi pihak TPA Pakusari diharapkan memfungsikan instalasi pengelolaan air lindi untuk mencegah rembesan terhadap air sumur di sekitar TPA Pakusari. Saran bagi peneliti selanjutnya adalah serbuk cangkang telur puyuh teraktivasi bisa diterapkan langsung dengan mengetahui takaran serbuk cangkang telur puyuh teraktivasi untuk takaran bak air atau pada volume air sumur tersebut. Pengaplikasian filter air dapat dilakukan pada air sumur di pemukiman sekitar TPA Pakusari yang kemungkinan tercemar oleh logam berat.

SUMMARY

Utilization of Quail Egg Shells as an Adsorbent Media for Lead (Pb); Wilda Faradila; 142110101002. 67 pages; Department of Environmental Health and Occupational Safety Health Faculty of Public Health, University of Jember.

Many waste in landfill (TPA) can continuously cause pollution such as leachate. Leachate has big potential in polluting other water body especially groundwater. According to the research conducted by Widyasari, monitoring well of Pakusari landfill contains lead heavy metal which exceeds environmental quality standards of 0.164 mg/l. Pb exposure can cause gastrointestinal system disorders, reproductive system (decreased libido, impaired menstrual cycle, miscarriage in pregnancy and infertility in men), cardiovascular system, endocrine system, decreased IQ, neurological disorders. High lead content (Pb) in blood also can cause the increase of risk of osteoporosis and increase the risk of dental caries.

The control which can be conducted to overcome lead metal pollution (Pb) is the management with adsorbent method. The development of quail egg consumption in 2015-2016 in Indonesia has increase of 16.4%. the increase egg consumption cause egg shells are considered as waste which has not utilized maximally. Quail eggshell has level of CaCO₃ (55.46%) and protein (amino acid). It has pores containing mucopolysaccharide protein acid which can be developed into one adsorbent and it plays role as active compound in the adsorption process. Amino acid has important groups such as carboxyl, amine and sulfate which can bind metal ion forming an ionic bond. This research aimed to analyze the difference of Pb level of well water of control group and treatment group.

This research method was True Experimental. The first stage was making quail eggshell powder, then it was sifted using sieve size 100 mesh. There were four groups, each group consisted of 6 replications. The first group was not given the treatment of addition of mass of quail eggshell powder 0 g/l (control). the second group was given addition treatment of the mass of quail egg shell powder activated of 1.5 g/l (P1). The third group was addition of activated quail eggshell powder of 3.5 g/l (P2) and the fourth group was addition of activated quail

eggshell powder of 5.5 g/l. The duration of contacting quail eggshell powder activated thermally with well water was 10 minutes.

The results of the research was conducted normality test ten homogeneity test. Furthermore, it was carried out Anova test. The result of One Way Anova test with $\alpha = 0,05$ showed that the significance level was 0.000. it meant that all treatment groups had difference average of population, either in control group and P1, P2 and P3 groups. The results of the research showed that the group of activated quail egg shell powder of 5.5 g/l had the highest decrease of other groups with the percentage of 85.71%. The suggestion for Pakusari landfill management, it is expected to function leachate management installation to prevent seepage of well water near Pakusari landfill. The suggestion for further researchers were that activated quail eggshell powder can be applied directly by knowing the quantity of quail eggshell powder activated for a dose of water or in the volume of the well water. The application of water filter can be conducted in well water surrounding settlements of Pakusari landfill which have potential of contaminated by heavy metals.

DAFTAR ISI

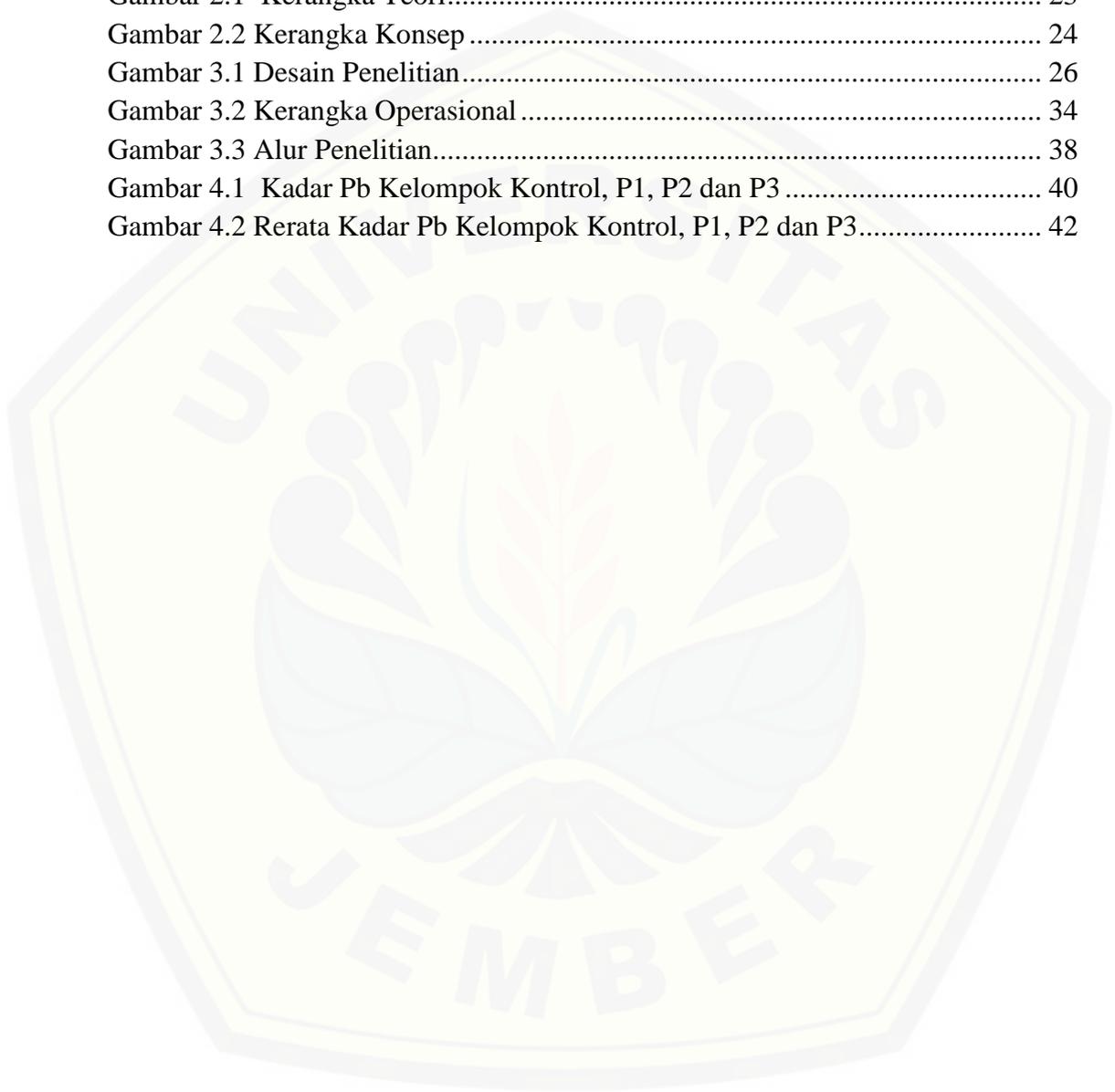
	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN SAMPUL.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN.....	v
PENGESAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
RINGKASAN	x
SUMMARY.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR SINGKATAN.....	xix
DAFTAR NOTASI.....	xx
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.3.1 Tujuan Umum	7
1.3.2 Tujuan Khusus	7
1.4 Manfaat Penelitian	8
4.1.1 Manfaat Teoritis.....	8
4.1.2 Manfaat Praktis	8
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	9

2.1	Air	9
2.2	Pencemaran Air	10
2.5	Logam Berat.....	13
2.6	Timah hitam (Pb) atau timbal.....	14
2.7	Cangkang Telur Puyuh.....	18
2.8	Kalsium Karbonat (CaCO_3)	18
2.9	Serbuk Cangkang Telur Puyuh	19
2.10	Aktivasi Fisika (Termal)	20
2.11	Adsorpsi.....	20
2.12	Adsorben	22
2.12	Kerangka Teori.....	23
2.13	Kerangka Konsep	24
2.14	Hipotesis	25
BAB 3. METODE PENELITIAN		26
3.1	Jenis Penelitian	26
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	28
3.2.1	Tempat Penelitian	28
3.2.2	Waktu Penelitian	28
3.3	Objek dan Teknik Pengambilan Objek Penelitian	28
3.3.1	Objek Penelitian	28
3.3.2	Teknik Pengambilan Objek Penelitian.....	29
3.4	Objek dan Teknik Pengambilan Objek Penelitian	30
3.4.1	Variabel Penelitian	30
3.4.2	Definisi Operasional	30
3.5	Bahan Penelitian dan Instrumen Penelitian	31
3.6	Prosedur Kerja	32
3.7	Kerangka Operasional	34
3.8	Data dan Sumber Data.....	35
3.8.1	Data Primer	35
3.8.2	Data Sekunder	35
3.9	Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data	35

3.10 Teknik Penyajian dan Analisis Data	35
3.11 Alur Penelitian	38
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Hasil	39
4.1.1 Kadar Timbal (Pb) pada Kelompok Kontrol.....	39
4.1.2 Kadar Timbal (Pb) Perlakuan P1, P2, dan P3	40
4.1.3 Perbedaan Hasil Uji Kandungan Timbal (Pb).....	43
4.2 Pembahasan	46
4.2.1 Kadar Timbal (Pb) pada Kelompok Kontrol.....	46
4.2.2 Kadar Timbal (Pb) pada Kelompok (P1, P2 dan P3)	48
4.2.3 Perbedaan Penurunan Kadar Timbal (Pb).....	50
BAB 5. PENUTUP	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN.....	69

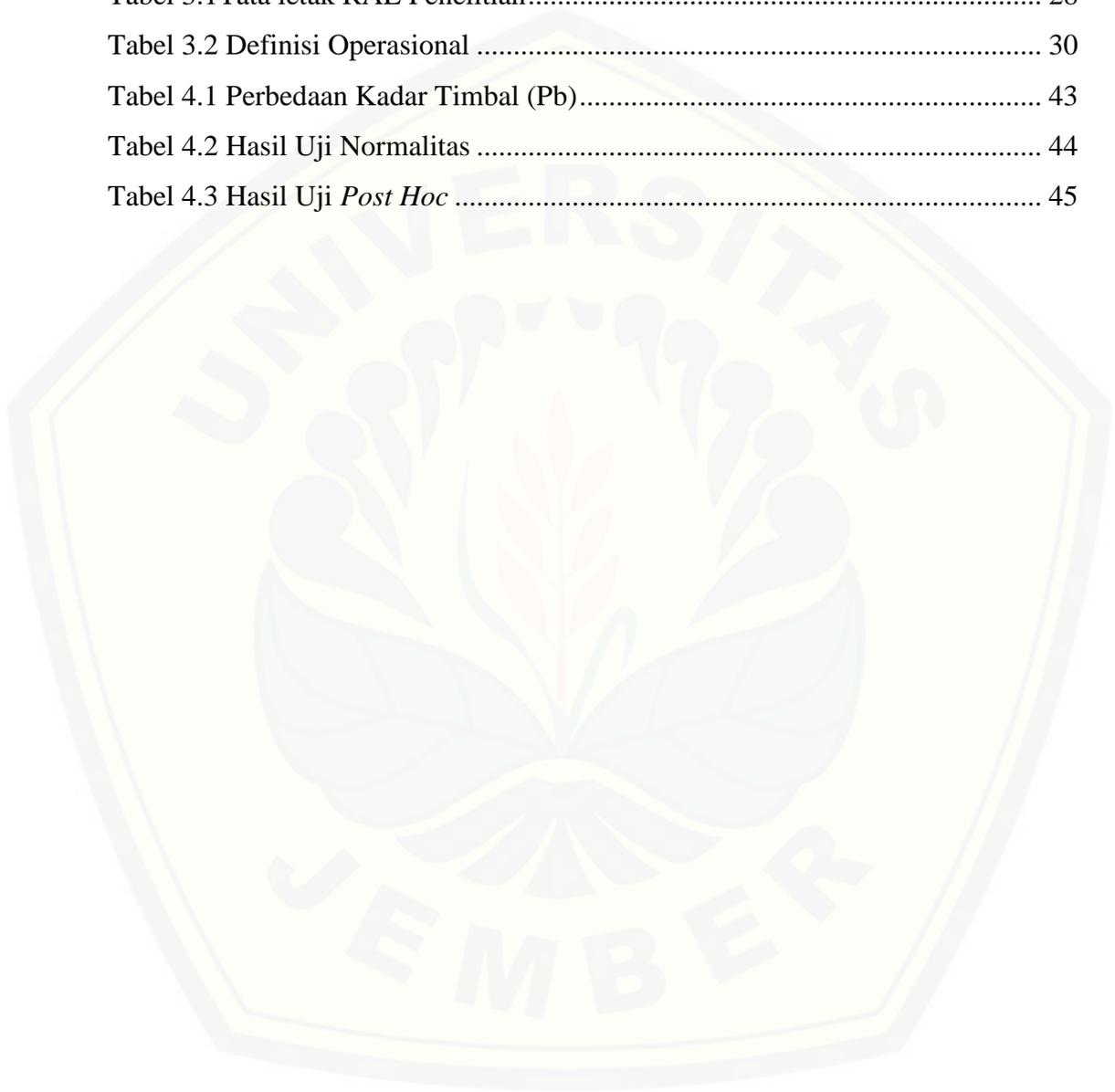
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Kerangka Teori.....	23
Gambar 2.2 Kerangka Konsep	24
Gambar 3.1 Desain Penelitian.....	26
Gambar 3.2 Kerangka Operasional	34
Gambar 3.3 Alur Penelitian.....	38
Gambar 4.1 Kadar Pb Kelompok Kontrol, P1, P2 dan P3	40
Gambar 4.2 Rerata Kadar Pb Kelompok Kontrol, P1, P2 dan P3.....	42

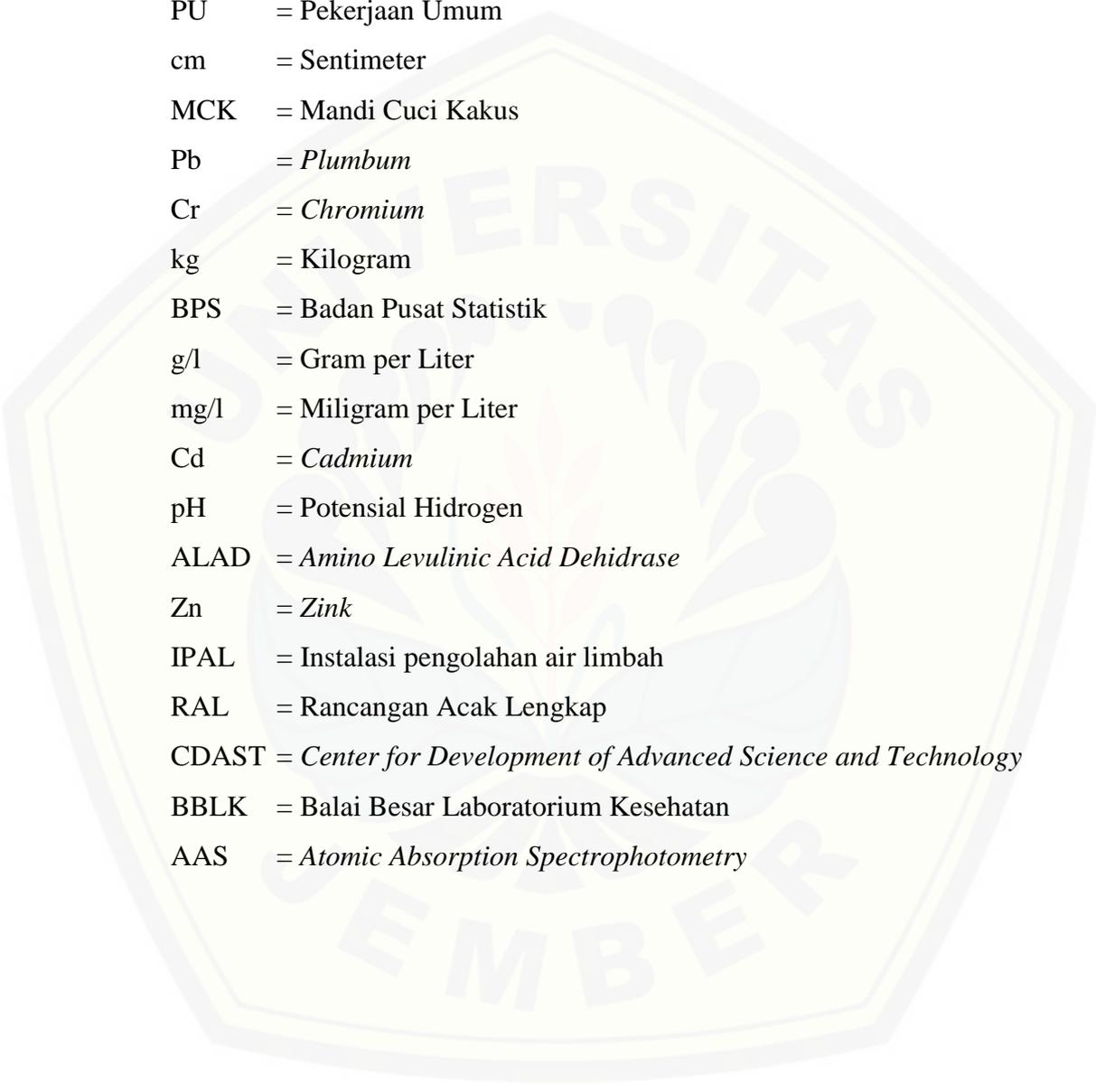


DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Tata letak RAL Penelitian.....	28
Tabel 3.2 Definisi Operasional	30
Tabel 4.1 Perbedaan Kadar Timbal (Pb).....	43
Tabel 4.2 Hasil Uji Normalitas	44
Tabel 4.3 Hasil Uji <i>Post Hoc</i>	45



DAFTAR SINGKATAN



TPA	= Tempat Pemrosesan Akhir
PU	= Pekerjaan Umum
cm	= Sentimeter
MCK	= Mandi Cuci Kakus
Pb	= <i>Plumbum</i>
Cr	= <i>Chromium</i>
kg	= Kilogram
BPS	= Badan Pusat Statistik
g/l	= Gram per Liter
mg/l	= Miligram per Liter
Cd	= <i>Cadmium</i>
pH	= Potensial Hidrogen
ALAD	= <i>Amino Levulinic Acid Dehidrase</i>
Zn	= <i>Zink</i>
IPAL	= Instalasi pengolahan air limbah
RAL	= Rancangan Acak Lengkap
CDAST	= <i>Center for Development of Advanced Science and Technology</i>
BBLK	= Balai Besar Laboratorium Kesehatan
AAS	= <i>Atomic Absorption Spectrophotometry</i>

DAFTAR NOTASI

\pm = Kurang lebih

.

,

/ = Garis miring

% = Per seratus

$^{\circ}\text{C}$ = Derajat Celcius

= Lebih dari sama dengan

) = Kurung tutup

(= Kurung buka

μm = Mikrometer

= Alfa

< = Kurang dari

> = Lebih dari

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang dengan jumlah penduduk lebih dari 200 juta jiwa, kota-kota besar di Indonesia masih memiliki masalah kesehatan lingkungan yang sangat kompleks. Salah satu penyebabnya adalah masalah tempat pembuangan sampah, kebanyakan sistem pembuangan sampah dilakukan secara *dumping* tanpa ada pengelolaan lebih lanjut. Disalah satu TPA di kabupaten Jember pengelolaan sampahnya sudah menerapkan sistem pembuangan sampah secara *controlled landfill*. Pembuangan sampah *controlled landfill* ini merupakan pengembangan dari sistem pembuangan sampah secara *dumping* yaitu dengan menghamparkan sampah pada kavling yang telah disediakan setebal 60-100 cm, dipadatkan dan kemudian ditutup dengan tanah setebal ± 40 cm (Sarudji, 2010: 30).

Pengelolaan sampah di Jember dilakukan oleh Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Jember. TPA Pakusari ini merupakan TPA terbesar yang ada di Kabupaten Jember tepatnya di Desa Kertosari Kecamatan Pakusari Kabupaten Jember. Berdasarkan hasil studi pendahuluan, TPA Pakusari sistem pengelolaan sampahnya sudah menerapkan sistem pembuangan sampah secara *controlled landfill*. Sampah dikumpulkan pada suatu lahan, kemudian setelah sudah menumpuk dan mencapai ketinggian 1 meter akan ditutup dengan tanah.

Penimbunan sampah secara terus-menerus di TPA dapat menghasilkan pencemar berupa air lindi (*leachate*) (Himmah, 2009:3). Cairan yang merembes melalui tumpukan sampah dengan membawa materi terlarut atau tersuspensi terutama hasil proses dekomposisi materi sampah. Lindi memiliki potensi besar dalam mencemari badan air sekelilingnya, terutama air tanah di bawahnya. Masalah terberat dalam pengelolaan sampah adalah pencemaran air tanah (Damanhuri, 2010:10).

Lindi dari TPA dianggap sebagai bahan pencemar di lingkungan karena terdapat berbagai senyawa kimia organik (asam humat, galat, hidrokarbon dan tanah) maupun anorganik (fosfat, kalium, magnesium, sulfat dan logam berat) yang berbahaya serta sejumlah patogen (Susanto dalam Afdal, 2017:93). Logam berat yang sering ditemukan pada lindi diantaranya timbal, besi, merkuri, kromium, kadmium, arsen, seng, nikel, dan tembaga (Fatmawinir, 2015:101). Air lindi dapat mencemari air tanah, sungai, air laut dan menyebabkan kematian makhluk hidup (biota) apabila tidak dilakukan pengelolaan khusus (Mukhlis, 2013:54-55). Apabila sampah dan volume sampah tercampur, maka potensi kandungan logam berat juga akan meningkat, logam berat akan terbawa dan terdekomposisi pada air lindi. Lindi merupakan benda cair, adanya air hujan akan mengalirkan air lindi mengikuti gerakan aliran tanah ke tempat yang lebih rendah dan menimbulkan pencemaran sumur atau air tanah (Indrawati *et al.*, 2014:120).

TPA Pakusari memiliki 4 zona, yang terdiri dari 3 zona aktif (zona 1,2,3) dan 1 zona pasif (zona 4). Terdapat tiga sumur monitoring di TPA Pakusari, yang memiliki fungsi memataui kualitas air bersih yang berada di sekitar TPA Pakusari. Namun ternyata sumur monitoring tersebut digunakan oleh pemulung dan warga untuk mandi cuci kakus (MCK). Ketiga sumur tersebut berada terpisah, sumur pertama ada di tengah-tengah TPA yang memiliki jarak 5 meter dari zona 2 dan 3, sumur kedua terletak di dekat bank sampah tempat pekerja TPA melakukan aktivitas, dan sumur ketiga berada di dekat kantor administrasi TPA Pakusari, dekat dengan jalan raya dan pemukiman warga. Sumur dekat kantor administrasi TPA Pakusari ini adalah sumur yang sering digunakan warga untuk mandi, apabila mereka dari sawah, kemudian pada saat musim kemarau warga juga terkadang mengambil air dari sumur monitoring tersebut. Di dalam TPA juga ada warung yang sumber air bersihnya berasal dari sumur monitoring TPA Pakusari.

Menurut penelitian sebelumnya, air sumur disekitar TPA Pakusari sebagian besar mengandung logam berat seperti tembaga, besi, kadmium, dan timbal (Pb) (Junita, 2013:50). Menurut penelitian yang dilakukan Widyasari (2013:6) ketiga sumur monitoring TPA Pakusari mengandung logam berat timbal yang melebihi baku mutu lingkungan menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 tahun

2017 yaitu 0,05 mg/l. Rata-rata kadar timbal air sumur monitoring TPA Pakusari sebesar 0,164 mg/l. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa salah satu logam berat yang memiliki potensi pencemar tinggi adalah timbal (Pb) (Sembodo, 2006, Mujadi, 2009). Logam berat timbal (Pb) sumber pencemarannya dapat berasal dari alam ataupun aktivitas manusia yaitu dari bahan bakar, asap kendaraan, pipa air yang menggunakan timbal, kaleng makanan, cat, campuran keramik, udara, debu, pembuangan sampah dan berbagai industri seperti industri perak, baterai dan lain-lain (Moelyaningrum, 2016:29).

Keberadaan timbal di lingkungan dengan konsentrasi tinggi bisa saja berdampak pada kondisi kesehatan manusia. Toksisitas Pb bersifat kronis dan akut bagi kesehatan manusia. Kejadian toksisitas kronis biasanya pada pekerja pabrik pemurnian logam, pabrik mobil bagian pengecatan, percetakan, pekerja tambang, pelapisan logam dan bagian pembuatan baterai. Sedangkan paparan timbal (Pb) akan bersifat akut apabila timbal (Pb) masuk ke dalam tubuh melalui inhalasi atau makanan dengan kadar yang tinggi dan pada kurun waktu yang singkat. Akan menimbulkan gejala berupa kram perut, kolik, sakit perut yang hebat, muntah, sembelit, mual, pikiran kacau, bingung, pingsan, sakit kepala sampai mengalami koma (Widowati 2008:121; Moelyaningrum 2010:116). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Moelyaningrum (2016:28) paparan Pb juga bisa menyebabkan gangguan sistem gastrointestinal, sistem reproduksi (penurunan libido, siklus menstruasi terganggu, keguguran pada kehamilan dan infertilitas pada laki-laki), sistem kardiovaskuler, sistem endokrin, penurunan IQ, gangguan syaraf. Kandungan timbal (Pb) yang tinggi pada darah juga mengakibatkan meningkatnya risiko osteoporosis dan meningkatkan risiko karies gigi. Gangguan sistem muskuloskeletal dan bagi anak-anak dapat mengurangi kecerdasan, gejala dari anak yang memiliki kandungan Pb tinggi pada giginya adalah sulit menangkap pelajaran, lamban, kelemahan daya pikir, sulit berkonsentrasi dan insomnia (Suksmerri, 2008:202).

Data yang diperoleh dari Puskesmas Pakusari pada tahun 2018 menunjukkan bahwa penyakit hipertensi berada di urutan ke-4 pada laporan 15 besar kesakitan Kecamatan Pakusari dan nomor 9 pada laporan 15 besar kesakitan

Desa Kertosari. Nyeri kepala dan nyeri sendi masuk kedalam 15 besar kesakitan kecamatan Pakusari pada tahun 2018. Hipertensi, nyeri kepala dan nyeri sendi merupakan salah satu faktor resiko adanya kadar Pb yang melebihi ambang batas pada manusia (Darmojo, 2001:442). Menimbang bahaya dan kerugian yang dihasilkan oleh logam berat timbal apabila berada di lingkungan dan manusia, maka perlu diupayakan usaha mengurangi dan menurunkan kadar logam berat Pb yang sudah mencemari air sumur disekitar TPA Pakusari Kabupaten Jember.

Ada berbagai cara untuk menurunkan kandungan logam berat pada air. Salah satunya adalah dengan adsorpsi. Adsorpsi merupakan proses yang muncul saat *solute* berupa gas atau cairan tertarik ke permukaan (adsorben), membentuk lapisan atomik dan molekular (adsorbat) (Hartati, 2011: 26). Metode adsorpsi menjadi pengelolaan limbah yang menarik karena ramah lingkungan, pengoperasiannya tidak sulit dan minim biaya yang karena proses adsorpsi kebanyakan memanfaatkan materi-materi yang relatif murah dan mudah mendapatkannya. Peneliti ingin mengangkat tentang adsorpsi logam berat Pb menggunakan cangkang telur puyuh teraktivasi termal pada air sumur monitoring TPA Pakusari Kabupaten Jember. Penggunaan cangkang telur puyuh sebagai adsorben, dikarenakan banyak penelitian yang menggunakan adsorben alternatif yang berasal dari alam. Bahan organik terbukti dapat digunakan sebagai pengikat logam berat, adsorben organik yang biasanya digunakan adalah kulit kakao dapat menyerap logam berat timbal (Pb) (Moelyaningrum, 2013: 12), cangkang kupang mampu menyerap logam berat kromium (Cr^{6+}) (Pridyanti, 2018: 82), dan kulit durian mampu menyerap logam berat kromium (Cr^{6+}) (Zarkasi, 2018: 72).

Kabupaten Jember memiliki populasi burung puyuh yang ditenak sebanyak 68.835 ekor. Burung puyuh dapat bertelur setiap hari, namun 4-8 hari dalam satu bulan istirahat tidak bertelur. Produksi telur puyuh dikabupaten Jember pada bulan April-Juni sebanyak 20.651 kg (Dinas Ketahanan Pangan dan Peternakan Kabupaten Jember, 2018). Konsumen telur puyuh berasal dari agen besar, pedagang pasar, pedagang pengecer dan konsumen biasa. Berdasarkan wawancara dengan peternak dan pedagang pasar telur puyuh, konsumen biasa telur puyuh yang paling banyak membeli telur puyuh berasal dari industri catering

dan industri rumah tangga pembuat sate telur puyuh. Setiap harinya industri catering dan industri rumah tangga sate telur puyuh membeli telur puyuh sebanyak 3-5 Kg yang akan diolah menjadi berbagai jenis olahan. Satu kilogram telur puyuh dapat berisi 93 – 95 butir telur. Berdasarkan data Susenas, rata-rata konsumsi produk peternakan per kapita per tahun 2015 - 2016, konsumsi telur puyuh di Indonesia mengalami kenaikan sebesar 16,4 % (BPS, Susenas, 2017).

Masih banyaknya permintaan konsumen terhadap telur puyuh dan juga meningkatnya angka rata-rata konsumsi telur puyuh per tahun di Indonesia, membuat limbah cangkang telur puyuh juga akan semakin meningkat. Cangkang telur puyuh merupakan limbah rumah tangga dan industri seperti catering dan pengolahan makanan yang belum dimanfaatkan secara maksimal (Asip, 2008:23). Limbah cangkang telur puyuh apabila langsung dibuang ke lingkungan akan merusak estetika lingkungan, menambah volume sampah, bercampur dengan sampah lain dan berpotensi mencemari lingkungan. Cangkang telur bisa berpotensi menyebabkan polusi, hal ini disebabkan oleh aktivitas mikroba di lingkungan (Yonata, 2017:83).

Keunggulan cangkang telur puyuh adalah memiliki kadar CaCO_3 (55,46%), MgCO_3 (0,84%), $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$ (0,75%) dan protein (asam amino) (Anggraeni, 2012:8 dan Jamila, 2014). Pada bagian dalam kutikula terdapat kristal hidroksiapatit yang memiliki pori-pori mengandung asam protein mukopolisakarida. Asam protein mukopolisakarida dikembangkan menjadi suatu adsorben dan berperan sebagai senyawa aktif dalam proses adsorpsi. Asam amino memiliki gugus penting, yaitu karboksil, amina, dan sulfat yang dapat mengikat ion logam membentuk suatu ikatan ikonik (Surasen dalam Maslahat, 2015: 92). Beberapa ion logam divalent (M^{2+}) berinteraksi dengan CaCO_3 , kemudian ion logam dapat berkurang karena proses penyerapan yang terjadi (Godelitsas *et. al* dalam Satriani 2016: 104).

Kelebihan serbuk cangkang telur puyuh adalah diaktivasi maupun tidak sudah dapat menjadi adsorben, dibandingkan dengan karbon aktif kemampuan adsorpsi lebih efektif. Sehingga peneliti menggunakan cangkang telur puyuh sebagai adsorben karena lebih baik dari segi analisis biaya, daya adsorpsi dan jumlah adsorben (Atika, 2014:18). Pemanfaatan cangkang telur puyuh yang

dihasilkan masih belum banyak dimanfaatkan, hanya sebagian kecil orang yang memanfaatkannya. Berdasarkan penelitian sebelumnya, sudah ada berbagai cara untuk mengurangi limbah cangkang telur, diantaranya menjadikan serbuk hidroksiapatit yang lebih dikenal sebagai pengganti tulang sintetik, pupuk organik, kreasi kerajinan tangan yang memanfaatkan cangkang telur dan ada juga yang memanfaatkannya sebagai adsorben (Utomo, 2014:2). Maka dari itu, peneliti ingin memanfaatkan limbah cangkang telur burung puyuh sebagai adsorben untuk menyerap Pb pada air sumur TPA Pakusari.

Adsorpsi dengan memanfaatkan berbagai jenis cangkang telur telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Kemampuan adsorpsi dipengaruhi oleh salah satu faktor yaitu luas permukaan (Syauqiah, 2011:13-14). Peneliti mengambil variasi luas permukaan adsorben yang ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah adsorben. Pada penelitian Jasinda (2013) tentang penyerapan Cd^{2+} menggunakan cangkang telur bebek menyebutkan bahwa pengikatan Cd^{2+} meningkat seiring dengan besarnya jumlah adsorben. Variasi jumlah adsorben adalah 0,5 gram, 1,0 gram dan 1,5 gram, hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah 1,5 g/l adsorben serbuk cangkang telur bebek dapat menurunkan logam berat Cd^{2+} sebesar 64,6667 %. Dalam penelitian Susanto *et al.*, (2017) waktu titik jenuh logam berat terhadap adsorben terjadi pada menit ke 30. Pada penelitian ini, peneliti mengambil variasi jumlah adsorben 1,5 g/l, 3,5 g/l dan 5,5 g/l dikontakkan dengan 1000ml air sumur monitoring dengan waktu kontak 30 menit. Peneliti menentukan jumlah adsorben tersebut dikarenakan ingin melihat apakah penambahan jumlah adsorben serbuk cangkang telur puyuh dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi logam berat Pb terhadap air sumur monitoring. Hasil penelitian yang dilakukan Jasinda (2013) menyatakan bahwa konsentrasi ion logam akan semakin menurun dengan bertambahnya jumlah adsorben yang digunakan, sehingga akan memperluas penyerapan ion logam yang ada pada suatu larutan.

Serbuk cangkang telur puyuh akan dipanaskan pada suhu 800 °C untuk aktivasi termal. Cangkang telur yang diaktivasi dengan suhu 800 °C luas permukaannya 2700,978 m²/g (Jasinda, 2013:53). Berdasarkan studi pendahuluan yang dilakukan peneliti, dari 3 kg telur puyuh dapat menghasilkan cangkang telur

puyuh sebesar 179 gram kemudian dijadikan serbuk menjadi 171 gram. Sampel air sumur monitoring yang mengandung logam berat timbal (Pb) didapat dari air sumur disekitar TPA Pakusari Kabupaten Jember. Peneliti ingin memanfaatkan serbuk cangkang telur puyuh teraktivasi sebagai media adsorben terhadap logam Pb pada air sumur monitoring TPA Pakusari sebab dapat mengurangi timbulan limbah cangkang telur dan mengurangi pencemaran lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas permasalahan yang dapat dirumuskan sebagai berikut: "Apakah terdapat perbedaan kadar Pb air sumur pada kelompok kontrol (0 g/l), dengan yang diberi penambahan serbuk cangkang telur puyuh P₁ (1,5 g/l), P₂ (3,5 g/l) dan P₃ (5,5 g/l) selama 30 menit?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Menganalisis perbedaan kadar Pb air sumur yang tidak diberi serbuk cangkang telur puyuh dengan air sumur yang diberi konsentrasi serbuk cangkang telur puyuh P₁ (1,5 g/l), P₂ (3,5 g/l) dan P₃ (5,5 g/l) dengan lama kontak selama 30 menit.

1.3.2 Tujuan Khusus

- a. Mengukur kadar Pb pada air sumur yang tidak diberi serbuk cangkang telur puyuh sebagai kelompok kontrol P₀ (0 g/l) dan air sumur yang diberi konsentrasi serbuk cangkang telur puyuh P₁ (1,5 g/l), P₂ (3,5 g/l) dan P₃ (5,5 g/l) dengan lama kontak selama 30 menit.
- b. Menganalisis perbedaan kadar Pb dalam air sumur yang tidak diberi serbuk cangkang telur puyuh P₀ (0 g/l) dengan air sumur yang diberi konsentrasi serbuk cangkang telur puyuh P₁ (1,5 g/l), P₂ (3,5 g/l) dan P₃ (5,5 g/l) dengan lama kontak selama 30 menit.

1.4 Manfaat Penelitian

4.1.1 Manfaat Teoritis

Dapat dijadikan sebagai bahan pengembangan ilmu di bidang kesehatan masyarakat khususnya pada bidang pengelolaan dampak limbah cair, khususnya air sumur.

4.1.2 Manfaat Praktis

Penelitian ini memiliki manfaat praktis sebagai berikut :

a. Bagi Mahasiswa

Memberikan pengetahuan dan wawasan baru tentang pencemaran limbah Pb dan penggunaan serbuk cangkang telur puyuh sebagai media adsorben dalam menurunkan kadar Pb pada air sumur.

b. Bagi Fakultas

Dapat digunakan sebagai bahan bacaan terkait dengan pencemaran logam berat Pb dan gambaran pengelolaan air sumur menggunakan serbuk cangkang telur puyuh.

c. Bagi Institusi

TPA Pakusari yang menghasilkan limbah Pb dapat memanfaatkan serbuk cangkang telur puyuh sebagai media pengolahan pada air sumur yang tercemar Pb.

d. Bagi Pemerintah

Sebagai masukan penentuan atau pembuatan kebijakan-kebijakan yang terkait dengan pencemaran air lindi dan membantu pemerintah untuk menangani kasus pencemaran air lindi di sumur.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air

Zat yang paling penting dalam kehidupan sehari-hari selain udara adalah air. Seseorang yang tidak minum selama lebih dari 4-5 hari dipastikan tidak akan bertahan hidup dikarenakan didalam tubuh manusia terdapat sekitar tiga per empat. Dalam kehidupan sehari air digunakan untuk mencuci, mandi, membersihkan kotoran yang ada dilingkungan sekitar dan juga memasak. Industri, pertanian, tempat rekreasi, pemadam kebakaran, transportasi dan lain-lain juga tidak lepas dari kebutuhan air. Air juga dapat media untuk penyebaran dan penularan penyakit pada manusia. Hal ini bisa mengakibatkan wabah penyakit yang tersebar dimana-mana (Chandra, 2007:39).

Manusia memerlukan konsumsi air yang cukup, sumber air haruslah bersih dan aman. Sumber air yang bersih dan aman tentunya memiliki klasifikasi diantaranya adalah :

- a. Tidak berbau dan tidak berasa.
- b. Tidak terkontaminasi bibit penyakit atau kuman.
- c. Tidak tersubstansi bahan kimia yang beracun dan berbahaya
- d. Lolos standar minimal yang ditentukan oleh departemen kesehatan RI atau WHO.
- e. Dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga dan domestik.

Tercemarnya air apabila mengandung parasit, bahan-bahan kimia yang berbahaya, bibit penyakit limbah industri dan atau sampah (Chandra, 2007:40).

Sumber air yang ada di permukaan bumi berasal dari berbagai tempat. Air akan dibagi menjadi air angkasa (hujan), air tanah dan air permukaan berdasarkan letak sumbernya (Sumantri, 2010:26-27).

1). Air Angkasa (Hujan)

Sumber utama air di bumi adalah air angkasa atau air hujan. Air hujan merupakan air yang paling bersih. Namun pada saat berada di atmosfer air tersebut mengalami pencemaran, disebabkan oleh gas (seperti: amonia,

nitrogen dan karbondioksida), mikroorganisme dan partikel debu. Air angkasa atau air hujan adalah air yang berasal dari penyubliman awan atau uap air yang menjadi air murni yang apabila turun dan melalui udara mengakibatkan larutnya benda-benda yang terdapat di udara (gas, jasad-jasad renik dan debu).

2). Air Permukaan

Air permukaan adalah badan air seperti sungai, waduk, telaga, terjun, rawa dan sumur permukaan. Badan-badan air tersebut sebagian besar berasal dari air hujan yang jatuh kepermukaan bumi yang bisa saja tercemar ketika sampai ke sampah, tanah maupun tempat lainnya. Salah satu sumber penting bahan baku air bersih adalah air permukaan. Berikut merupakan faktor-faktor yang harus diperhatikan ialah kualitas baku, kuantitasnya dan kontinuitasnya.

3). Air Tanah

Air tanah dibagi menjadi dua, air lapisan (*layer water*) dan air celah (*fissure water*). Air lapisan merupakan air yang berada di dalam ruang diantara butir-butir tanah. Sedangkan air celah adalah air yang terdapat didalam retak-retak batuan didalam tanah. Air hujan yang jatuh kepermukaan bumi yang mengalami perlokasian penyerapan kedalam tanah kemudian terjadi proses filtrasi alami disebut air tanah. Pada perjalanan air hujan di bawah tanah dan mengalami proses-proses seperti diatas, membuat air tanah menjadi lebih murni dan lebih baik lagi daripada air permukaan. Dibandingkan sumber air lain kelebihan air tanah tidak perlu dilakukan penjernihan karena sudah bebas dari kuman penyakit. Ketersediaannya yang melimpah, bahkan dapat ditemukan saat musim kemarau.

2.2 Pencemaran Air

2.2.1 Definisi

Pembuangan air limbah, tinja dan lain sebagainya yang tidak memenuhi syarat dapat mengakibatkan pencemaran air. Ada berbagai pengertian mengenai

pencemaran air diantaranya adalah pencemaran air yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah No. 20/1990 mengartikan sebagai sengaja atau tidak memasukkan makhluk hidup, energi, suatu zat tertentu dan atau elemen asing ke dalam air dari kegiatan manusia. Berdampak pada tidak lagi berfungsi semestinya dan tidak bermutu air bersih atau air minum tersebut. Terjadinya kontaminasi pencemar dengan air dapat disebabkan oleh masuknya unsur pencemar berupa buangan berkala (limbah cair) kedalam air sehingga menyebabkan tercemarnya kualitas air (Sumantri, 2010:221).

2.2.2 Sumber Pencemaran Air

Sumber pencemaran air menurut Mokono (2006:18) adalah:

a. Industri

Jenis polutan yang dihasilkan oleh industri sangat tergantung pada jenis industrinya, bahan baku, bahan bakar, proses industri dan sistem pengelolaan limbah yang dapat mencemari lingkungan.

b. Rumah tangga

Sumber pencemaran berasal dari pembuangan air kotor kamar mandi, kakus dan dapur.

c. Pertanian dan perkebunan

Polutan air bisa berasal dari zat kimia, kotoran ternak dan cacing tambang di lokasi perkebunan serta penggunaan zat radioaktif yang digunakan untuk mempercepat pertumbuhan ekonomi.

2.2.3 Indikator Pencemaran Air

Aktivitas organisme membutuhkan air dalam jumlah banyak, kebutuhan konsumsi hewan, tumbuhan, manusia (makhluk hidup), media untuk hidup, industri dan lainnya. Kegiatan manusia yang beragam akan berhubungan dengan

air, secara langsung maupun tidak langsung dapat mengakibatkan pencemaran air. Berikut merupakan indikator pencemaran air menurut (Sumantri, 2010:226) adalah adanya perubahan atau tanda yang dapat diamati dan dapat digolongkan menjadi :

- a. Secara fisik, yaitu yang diamati air berdasarkan tingkat kejernihan air (kekeruhan), perubahan suhu, warna dan adanya perubahan warna, bau dan rasa.
- b. Kimiawi, yaitu zat kimia yang terlarut dan perubahan pH yang dilihat.
- c. Biologis, yang diamati ialah ada tidaknya bakteri patogen dan mikroorganisme di dalam air bersih dan/ atau minum.

Klasifikasi pencemaran air diantaranya ada 2 yaitu sumber kontaminan langsung dan tidak langsung. Efluen yang berasal dari industri, TPA sampah, rumah tangga adalah sumber kontaminan langsung. Kontaminan yang memasuki badan air dari tanah, air tanah atau atmosfer berupa hujan merupakan sumber kontaminan tidak langsung.

2.2.4 Pola Pencemaran

Fungsi air tanah sangat penting sebagai medium untuk Bergeraknya zat-zat. Reaksi zat dalam bentuk terlarut dalam air tanah (soil solution) dengan partikel tanah kebanyakan merupakan reaksi-reaksi antara zat pencemaran dengan partikel tanah. Sebaliknya, tanah yang telah tercemar akan melepaskan zat pencemarnya, melalui mekanisme desorpsi maupun pelarutan air tanah tersebut yang selanjutnya akan bergerak bersama air tanah. Perbedaan kualitas air tanah dan tanah sebagai mediumnya dapat terjadi dikarenakan rembesan air permukaan yang telah tercemar, lokasi efluen tangki septik dan tempat pembuangan sampah (Notoadmojo, 2005).

2.5 Logam Berat

2.5.1 Pengertian

Elemen kimia yang siap mempunyai ikatan logam dan membuat kation (ion). Logam adalah salah satu dari 3 kelompok unsur yang berbeda berdasarkan karakter ionisasi dan ikatan, bersama-sama dengan metaloid dan non logam. Logam berat memiliki berat jenis 5.0, bernomor atom antara 21 dan 92 dari sistem periodik bahan kimia. *Voulk* (1986) sudah mengidentifikasi ada 80 jenis dari 109 unsur kimia di bumi sebagai logam berat (BPOM RI, 2010:1).

Istilah logam berat dapat dipergunakan luas terutama dalam perpustakaan ilmiah. Kriteria logam berat masih sama dengan golongan logam-logam lainnya. Perbedaannya adalah dampak yang terjadi apabila logam berat masuk dan berikatan kedalam tubuh organisme hidup. Logam-logam berat diketahui dapat terakumulasi di dalam tubuh suatu organisme dan tetap tinggal di tubuh dalam jangka waktu yang lama sebagai toksik (Palar, 2012:23).

2.5.2 Klasifikasi Logam Berat

Logam berat dari sudut pandang toksikologi dapat dibedakan menjadi logam berat esensial dan logam berat non esensial (BPOM RI, 2010:1).

a. Logam berat esensial

Makhluk hidup sangat memerlukan pada jumlah tertentu, namun apabila berlebihan bisa mengakibatkan toksik, contohnya zink, tembaga, besi, kobalt, mangan dan selenium.

b. Logam berat non esensial

Logam yang memiliki sifat beracun, manfaat apabila berada dalam tubuh belum diketahui, contohnya merkuri, kadmium, timbal, timah, kromium dan arsen. Dampak terpapar logam berat ini akan beresiko terhadap kesehatan makhluk hidup karena memiliki sifat beracun. Di alam, tidak dapat berubah ke bentuk lain maupun rusak.

Tubuh makhluk hidup bisa dimasuki senyawa logam berat yang berasal dari alam sehingga menjadikannya elemen racun dalam tubuh. Contohnya merkuri, kadmium, timbal, krom dapat bersifat toksik. Akan tetapi, beberapa logam berat juga ada yang dibutuhkan dengan jumlah yang rendah, dan akan berakibat mematikan apabila kebutuhan tersebut tidak terpenuhi (Palar, 2012:25).

2.6 Timah hitam (Pb) atau timbal

2.6.1 Definisi Timbal (Pb)

Plumnum merupakan metal yang berwarna hitam gelap. Merupakan komponen penting dalam membuat baterai, cat dan saat ini banyak di campurkan ke dalam bahan bakar bensin. Untuk meningkatkan oktan pada bensin maka dilakukan penambahan Timah hitam organik (*Tetra Ethyl Lead*). Timah hitam merupakan bagian dari golongan karbon, mempunyai nomor atom 82, simbol Pb, *post-transition metal*, bersifat toksik, logam yang bersifat stabil, lembut, tahan terhadap perusakan akibat reaksi kimia, memiliki kerapatan tinggi, lemah dalam menghantarkan panas serta tersebar luas di alam dalam bentuk 4 isotop, diantaranya 204, 206, 207 dan 208 (Lide dalam Sembel, 2015:105-106).

Keracunan timbal banyak diteliti karena beresiko buruk terhadap kesehatan makhluk hidup dan lingkungan (Floral., dalam Sembel, 2015:106). Pada abad kedua seorang ahli botani dari Yunani, Nicander menguraikan gejala sakit perut, paralisis atau kelumpuhan, penolakan terhadap makanan, rasa logam di indra pengecap, gusi memiliki tanda berwarna hitam, sistem pencernaan terganggu, mual, muntah, kolik pada anak, peradangan pada jaringan otak, kelainan pada saraf radialis, rendahnya hemoglobin, lumpuh, urin albumin, mudah marah, kepribadian berubah dan kebutaan akibat dari keracunan Pb (Needleman dalam Sembel, 2015:106).

2.6.2 Sifat pb

Timbal dapat menimbulkan polusi air, udara, dan tanah. Umumnya kandungan Pb di tanah sebesar 16 ppm, daerah tertentu bisa mencapai beberapa ribu ppm (Fardiaz, 1992:58). Berikut ini merupakan beberapa karakter khas Pb diantaranya (Palar, 2012:75):

- a. Kurang baik dalam menghantarkan listrik
- b. Titik lebur rendah, yaitu 327,5 °C.
- c. Tahan karat
- d. Densitas yang lebih tinggi daripada logam lainnya, kecuali dengan Hg dan emas.
- e. Memiliki sifat lunak, mudah dibentuk dan dapat dipotong.

2.6.3 Sumber dan Pencemaran Timbal dalam Air

Pencemaran yang ditimbulkan oleh logam berat Pb bersumber alami ataupun dari limbah sisa kegiatan manusia yang jumlahnya makin bertambah banyak, yang tersebar di lingkungan udara, air maupun tanah. Logam berat Pb memiliki karakteristik beracun, senyawa logam berat tersebar pada saat makan, minum, saat bernafas, udara dan debu yang dihirup terkontaminasi timbal. Keracunan timbal dapat timbul lewat saluran pencernaan makanan, saluran pernafasan, masuk ke dalam pori-pori kulit, menginfeksi kelenjar yang ada di mata, dan juga suntikan jarum (Ridhowati, 2013:2).

Timbal berada di dalam air berbentuk senyawa timbal (II) dan timbal (IV), dihasilkan dari buangan industri, pertambangan dan buangan bahan bakar minyak. Senyawa timbal (IV) sering ditemukan membentuk ikatan kovalen dalam tetra-alkil, khususnya timbal tetra-alkil yang sudah lama dipergunakan sebagai aditif oktana dalam bahan bakar minyak (Situmorang, 2010:69). Pb berbahaya dan beracun, logam berat ini banyak ditemukan sebagai pengganggu kelangsungan hidup organisme perairan dan dapat mengakibatkan pencemaran. Toksisitas dan kadar timbal dapat dipengaruhi oleh alkalinitas, kesadahan, pH dan konsentrasi oksigen (Yulaipi *et al.*, 2013).

2.6.4 Efek Timbal (Pb)

Logam berat apabila terdapat pada makanan atau minuman dapat menyebabkan terjadinya kelainan pada tumbuh kembang anak, terutama apabila dikonsumsi oleh ibu hamil usia kandungannya 3 sampai 4 bulan. Dampak keracunan logam berat adalah sebagian besar anak mengalami gejala autisme. Pada anak autisme tersebut terdapat adanya metabolisme yang terganggu. Tubuh memiliki metalotionin yang berperan mengeluarkan Hg, Pb dan logam berat lain dalam tubuh.

Penelitian telah dilakukan para ahli menunjukkan bahwa penyebab gangguan metalotionin diantaranya ialah: kekurangan Zn, kelebihan logam berat pada tubuh atau keracunan logam berat, kekurangan asam amino, kendali elemen logam yang tidak berfungsi dan gen yang membentuk metalotionin mengalami kelainan. Logam berat Pb menyebabkan keracunan dan akan berpengaruh pada jaringan dan organ di dalam badan. Targetnya yaitu sistem pencernaan, sistem saraf, sistem reproduksi, jantung dan sistem endokrin. Efek dari keracunan timbal berbeda-beda (Palar, 2012:86).

a. Efek Pb pada Sistem Saraf

Anak-anak lebih sensitif mendapatkan efek Pb daripada dewasa. Logam berat timbal bisa mengakibatkan *lead encephalopathy* apabila terpapar jangka waktu panjang. Gejala yang nampak berupa sering malas, mudah marah, pusing, berangin-angin, gemetar, pikun, konsentrasi menurun serta penurunan kecerdasan. Apabila bayi sudah terpapar Pb, maka akan mempengaruhi kesehatan secara psikologisnya dan bisa berpengaruh pada pendidikannya tampak pada usia kisaran 5-15 tahun. Hiperaktif merupakan gejala yang timbul kurang detail.

b. Efek Pb dalam Proses Sintesa haemoglobin

Gugus aktif dan enzim ALAD diikat oleh senyawa timbal dalam tubuh. Enzim ALAD adalah enzim jenis sitoplasma yang bereaksi secara aktif pada langkah awal sintesa dan selama berlangsungnya sirkulasi sel darah merah. Maka akan timbul seperti berikut :

1. Meningkatkan kadar ALA dalam urine
2. Memperpendek umur sel darah merah

3. Meningkatkan kadar protophorphirin dalam eritrosit

4. Menurunkan jumlah eritrosit

5. Menurunkan kadar retikulosit

c. Dampak Pb terhadap Sistem Reproduksi

Terganggunya pembuatan sperma, meningkatnya aborsi spontan, kelahiran prematur, masalah kehamilan, berat lahir rendah dan terganggunya perkembangan sistem saraf.

d. Efek pada Urinaria

Aliran darah yang berada di dalam tubuh akan membawa logam berat Pb. Ikutnya timbal pada aliran darah kemudian menuju sistem urinaria akan menimbulkan malfungsi organ ginjal, penyebabnya adalah *intranuclear inclusion bodies* terbentuk beserta *amnociduria* (asam amino pada urine berlebih).

e. Efek terhadap Jantung

Otot jantung mengalami perubahan dikarenakan keracunan timbal sejauh ini baru terjadi kisaran usia anak-anak. Selain itu status gizi, status kesehatan dan tingkat kekebalan (imunologi). Pada keadaan sakit, tingkat toksisitas logam berat Pb dapat meningkat dan mempermudah kerusakan organ tubuh. Pada jaringan lunak, diet rendah kalsium membuat kadar Pb bertambah berdampak toksis di sistem hematopoetik serta meningkatkan adsorpsi Pb dalam usus. Vitamin C dan Zn dalam tubuh mengakibatkan turunnya kandungan Pb, meskipun paparan Pb terus terjadi.

f. Efek Pb terhadap Endokrin

Efek keracunan Pb terhadap endokrin adalah yang paling sedikit yang pernah diteliti. Untuk melihat penyerapan Pb oleh endokrin dilakukan pengukuran steroid dalam urine. Menurut observasi dengan melakukan paparan Pb, steroid yang keluar berkurang dan pada posisi minus secara berkala terjadi peningkatan. Endokrin tiroid merupakan jenis lain yang telah menjalani uji pada manusia. Tiroid berfungsi sebagai hormon yang akan menerima tekanan jika kadar dalam tubuh kurang / 131 (yodium isotope 131).

2.7 Cangkang Telur Puyuh

Lapisan keras yang memiliki ketebalan 0,2 - 0,4 mm adalah struktur telur paling luar, pada bagian tersebut terdapat kandungan CaCO_3 (*chalk*), gunanya menutupi isi telur. Udara bisa menembus kulit telur melewati pori-pori yang banyak. Cangkang telur puyuh berwarna sedikit coklat muda berbintik hitam. Umumnya cangkang telur puyuh, di ujung telur memiliki pori-pori terbanyak. Di bawah kulitnya terletak kantung udara. Makin jauh dari kantung udara, jumlah pori-pori semakin sedikit (Wirakusumah, 2005:21 dan 23).

Bagian telur puyuh yang digunakan untuk adsorben adalah cangkangnya karena terdapat asam amino selaku senyawa aktif (Nyoman dalam Satriani, 2016:104). Cangkang telur puyuh juga memiliki kalsium karbonat sebesar 55,46%. Susunan terluar berikutnya yaitu kutikula memiliki zat warna cangkang. Selanjutnya lapisan tipis disebut kristal hidroksiapatit yang terdapat lembaran polisade ada pori-pori memiliki tugas dijadikan adsorben untuk mengurangi kadar senyawa logam (Watanabe *et al.*, dalam Satriani:106).

2.8 Kalsium Karbonat (CaCO_3)

Kalsium karbonat (CaCO_3) adalah garam kalsium yang terdapat pada kapur, batu kapur, pualam dan merupakan komponen utama yang terdapat pada kulit telur (Soine dalam Atika, 2014:6). CaCO_3 berupa serbuk, putih, tidak berasa, tidak berbau, stabil di udara. Praktis tidak larut dalam air, kelarutan dalam air meningkat dengan adanya sedikit garam amonium. Larut dalam asam nitrat dengan membentuk gelembung gas. Salah satu sifat dari CaCO_3 adalah dapat menetralisasi asam. Cangkang telur memiliki sifat adsorpsi yang baik, seperti struktur pori, CaCO_3 dan protein asam mukopolisakarida yang dapat dikembangkan menjadi adsorben.

2.9 Serbuk Cangkang Telur Puyuh

2.9.1 Definisi

Proses pembuatan serbuk cangkang telur dilakukan dengan melewati proses aktivasi termal dengan suhu 800°C. Dengan adanya perlakuan termal pada cangkang telur, maka struktur pori adsorben akan lebih terbuka dan semakin banyak CaCO₃ yang terdekomposisi menjadi CaO sehingga penyerapan logam berat akan lebih efektif. Permukaan serbuk cangkang telur sudah di aktivasi temperatur 800°C lebih luas dibandingkan yang belum teraktivasi (Jasinda, 2013:11).

2.9.2 Kelebihan Bentuk Serbuk

Reaksi zat-zat dan luas permukaan aspek sentuh dapat mempengaruhi kecepatan adsorpsi. Jika permukaan zat padat diperluas dengan mengganti wujud kepingan ke bentuk serbuk atau yang memiliki ukuran yang lebih kecil, maka unsur padat tersebut akan lebih cepat bereaksi. Tujuan adsorben dibuat dalam bentuk serbuk yang berukuran seragam adalah untuk memperluas bidang kontak antara adsorben dengan larutan sehingga proses penyerapan dapat berjalan optimal. Sifat fisik yang berkaitan secara langsung dengan kapabilitas adsorpsi beberapa zat yang akan diserap salah satunya adalah luas permukaan.

Adsorbat dapat terserap lebih banyak apabila adsorben mempunyai permukaan yang luas sehingga aspek kontak yang lebih besar antara adsorben dan adsorbatnya dapat diberikan. Bentuk serbuk akan menjadikan adsorben berukuran kecil namun dengan jumlah yang banyak mengakibatkan luas permukaan bidang tumbukan antara zat pereaksi akan membesar. Pada saat suatu larutan diberi tambahan zat, permukaan zat akan terjadi kontak dengan larutan. Teori tumbukan menyatakan peluang terjadi reaksi adsorpsi akan semakin banyak apabila luas permukaan zat yang bersentuhan dengan partikel lain semakin besar, kemudian mengakibatkan reaksi antar zat dengan larutan semakin cepat (Imtisal, 2015: 23-24).

2.10 Aktivasi Fisika (Termal)

Aktivasi adalah bagian dari proses pembuatan adsorben yang bertujuan untuk memperbesar ukuran dan distribusi pori serta memperluas permukaan adsorben dengan proses *heat treatment* pada temperatur 600 - 1200°C. Aktivasi termal merupakan pemberlakuan kepada adsorben untuk tujuan memperluas pori caranya memecah ikatan kimia atau menggabungkan molekul-molekul permukaan dengan oksigen agar mendapatkan perubahan karakter (bertambah besar luas permukaannya) dan memiliki pengaruh terhadap daya adsorpsi. Memperbesar volume, diameter pori lebih luas dan menciptakan pori-pori yang baru merupakan tujuan dari proses aktivasi fisika ini (Martin dalam Iriany, 2015:41).

2.11 Adsorpsi

2.11.1 Definisi

Adsorpsi merupakan prosedur pengumpulan benda-benda terlarut yang terdapat dalam larutan antara dua permukaan. Dua permukaan antara zat cair dan gas atau zat padat dan zat yang kental. melibatkan massa di permukaan pori-pori dipindahkan ke butiran adsorben. Proses tersebut bisa berlangsung karena melewati batas diantara 2 fase Perpindahan massa yang terjadi melalui batas antara dua fase diantaranya gas ke padat, dan cair ke padat. Melalui pori, massa berpindah dari bentuk cair ke permukaan butir, massa dari bentuk cair berada di pori berpindah ke dinding pori, pengadsorpsian berlangsung di dinding pori. Energi permukaan dan gaya tarik menarik permukaan bisa mengakibatkan terjadinya proses adsorpsi. Pada masing-masing permukaan memiliki sifat yang berbeda-beda tergantung susunan dalam molekul-molekul zat tersebut. Dalam interior, molekul-molekul akan dikelilingi oleh molekul lainnya, yang mengakibatkan gaya tarik menarik antar molekul bisa sama kuat, sama berat ke semua aspek. Akan tetapi untuk molekul yang terletak dipermukaan hanya memiliki gaya tarik satu arah yaitu ke dalam (Asip, 2008:22).

2.10.2 Macam Adsorpsi

Secara umum adsorpsi dibedakan atas (McCafferty dalam Gapsari, 2017:185) :

a. Adsorpsi kimia (Kemisorpsi)

Terjadi dikarenakan ikatan kimia antara adsorben dengan zat yang teradsorpsi (adsorbat) dan bersifat spesifik. Adsorpsi ini terjadi lebih besar dan lebih panas dibandingkan dengan fisorpsi. Adanya ikatan kimia menyebabkan terbentuknya lapisan pada permukaan adsorben. Semakin bertambah ikatan kimia maka adsorben akan jenuh, tidak dapat menyerap zat lainnya (bersifat *irreversible*).

b. Adsorpsi fisika (adsorpsi *Van der Waals*)

Adsorpsi *Van der Waals* atau fisorpsi terjadi dikarenakan adanya perbedaan energi atau gaya tarik bermuatan listrik. Terjadi ikatan secara fisik antara molekul adsorbat dengan molekul adsorben. Masing-masing molekul akan membentuk lapisan diatas lapisan sebelumnya sesuai dengan konsentrasi digunakan yang akan menjadikan *multilayer*. Bersuhu rendah dengan adsorpsi yang relatif rendah dibandingkan kemisorpsi dan bersifat *reversible*.

2.10.3 Faktor Proses Adsorpsi

Proses adsorpsi logam berat memiliki beberapa faktor yang mempengaruhi penyerapan, diantaranya adalah (Gapsari, 2017:185):

a. Karakteristik adsorbat, yaitu: berat jenis dan berat molekul, ukuran dan bentuk molekul, adanya senyawa lain sebagai kompetitor, tekanan uap, polaritas reaktivitas adsorbat dan konsentrasi.

b. Luas permukaan adsorben

Semakin luas permukaan adsorben maka makin banyak zat yang teradsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan oleh ukuran partikel dan massa dari adsorben.

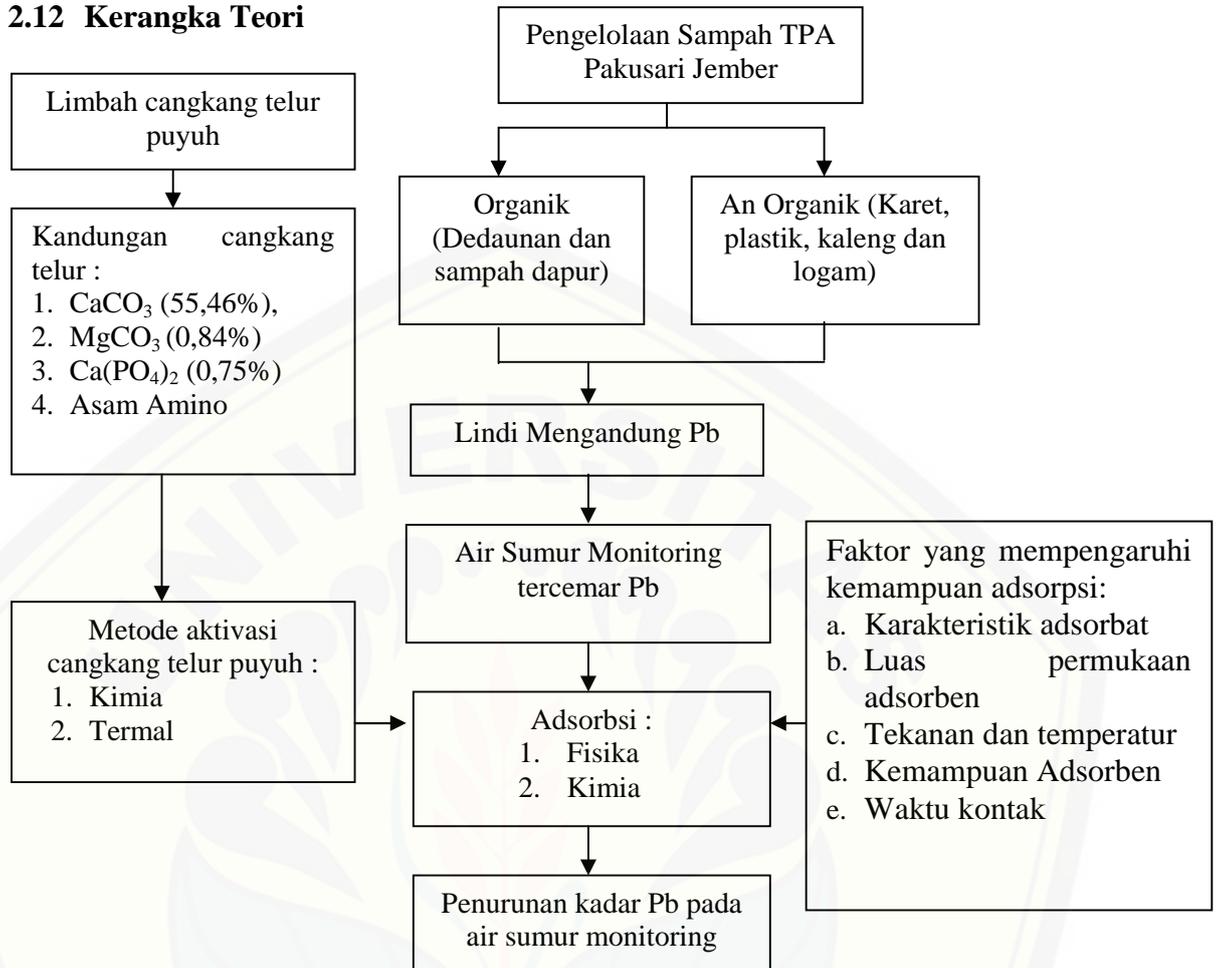
- c. Tekanan dan temperatur
- d. Afinitas adsorben terhadap adsorbat, yang dipengaruhi oleh ukuran dan bentuk pori, reaktivitas dan polaritas.
- e. Waktu kontak antara adsorbat dengan adsorben

2.12 Adsorben

Bahan berpori yang memiliki pori tak terhingga banyaknya adalah adsorben. Partikel adsorben memiliki diameter antara 0,5 – 200 mikro meter bisa juga lebih kecil. Pada proses adsorpsi luas permukaan persatuan berat adsorben sangatlah penting. Luas permukaan merupakan luasan yang ditempati oleh molekul adsorbat monolayer pada permukaan didalam adsorben. Per satuan masa adsorben memiliki luas permukaan kisaran 100 - 3000 m²/g. Pori dikategorisasikan sebagai mikropori jika diameternya lebih kecil dari 20 angstrom, mesopori apabila diameter pada rentang 20 – 500 angstrom dan makropori jika diameternya lebih dari 500 angstrom. Dimensi pori berpengaruh pada kapasitas dan kinetika adsorpsi. Adsorben yang sering dipakai ialah arang aktif, silika, alumina aktif dan zeolit (Juliananda, 2017:76). Syarat-syarat menjadi adsorben baik diantaranya:

- a. Luas permukaan besar dimiliki oleh suatu zat.
- b. Mempunyai daya serap yang tinggi
- c. Tidak membuat reaksi kimia dengan campuran yang akan dimurnikan
- d. Tidak beracun
- e. Tidak boleh larut dalam zat yang akan diasorpsi
- f. Dapat diregenerasi kembali
- g. Mudah didapat dan terjangkau
- h. Tidak meninggalkan residu berupa gas yang berbau.

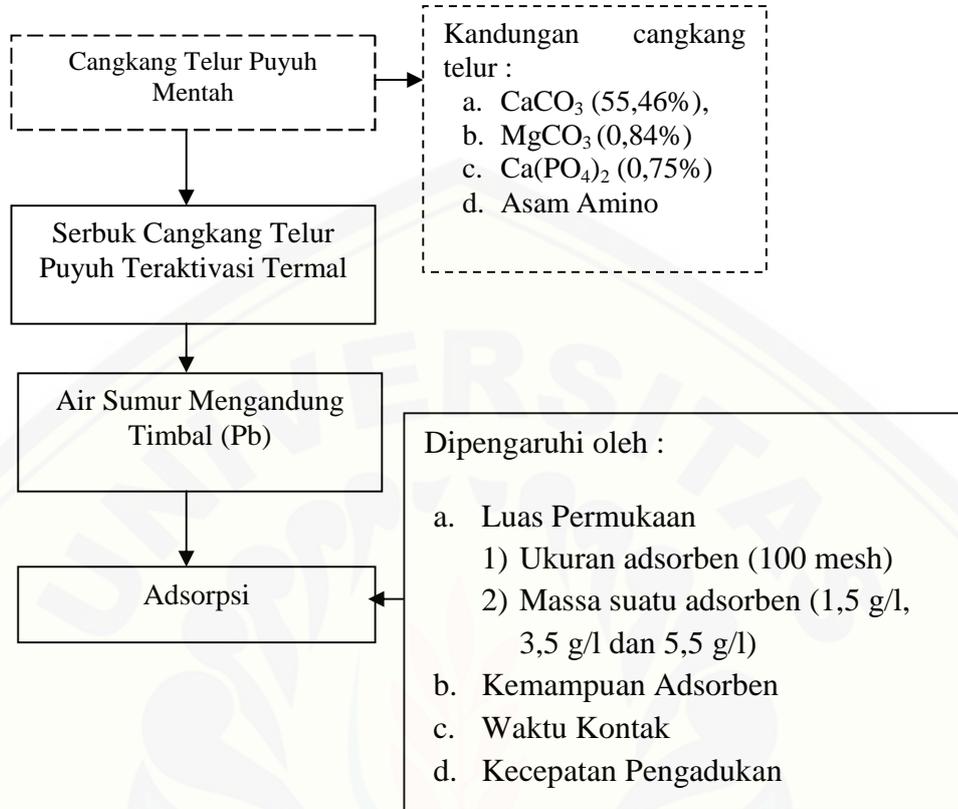
2.12 Kerangka Teori



Gambar 2.1 Kerangka Teori

Kerangka teori diatas adalah modifikasi dari Gapsari (2017), Hartono (2008), Saptati (2018) dan Wirakusumah (2005)

2.13 Kerangka Konsep



Keterangan :
 _____ : Diteliti
 - - - - - : Tidak Diteliti

Gambar 2.2 Kerangka Konsep

TPA Pakusari merupakan tempat pembuangan sampah akhir yang terbesar di Kabupaten Jember. Sampah baik organik maupun anorganik seperti yang bersumber dari rumah tangga, pasar dan industri yang ada di Kabupaten Jember. Bercampurnya volume sampah dengan air hujan akan menghasilkan limbah cair berupa lindi. Adanya sampah baterai bekas, plastik, aki bekas, pembungkus rokok, sisa kemasan pestisida dan cat akan mengakibatkan lindi mengandung logam berat. TPA Pakusari sudah memiliki IPAL, namun belum di fungsikan, sehingga lindi langsung mengalir ke tanah. Komponen pencemar diatas jika jatuh ke air tanah dapat masuk ke air tanah dan selanjutnya masuk air sungai, danau, sumur sebagai sumber air bersih (Sembel, 2015:68).

Tujuan penelitian ini ingin memberikan inovasi pengolahan air sumur monitoring di TPA Pakusari yang tercemar logam berat timbal menggunakan metode adsorpsi dengan pemanfaatan limbah cangkang kulit telur puyuh yang dijadikan sebagai media adsorben. Cangkang telur puyuh yang dijadikan sebagai media adsorben dibuat menjadi serbuk kemudian dilakukan aktivasi secara termal dengan suhu 800 derajat celcius bertujuan untuk memperbesar pori dan permukaan zat.

Proses adsorpsi oleh adsorben dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah luas permukaan (Syauqiah, 2011:13-14). Hasil akhir proses adsorpsi bahan pencemar Pb dari air sumur monitoring TPA Pakusari dengan menggunakan serbuk cangkang kulit telur puyuh yaitu untuk menurunkan kadar Pb pada air sumur monitoring.

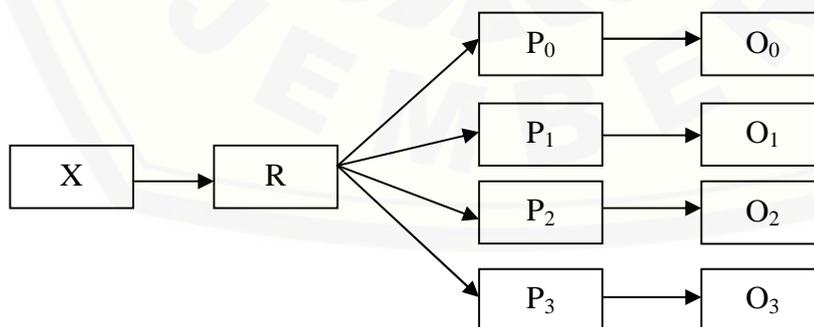
2.14 Hipotesis

Terdapat perbedaan kadar Pb pada kelompok yang tidak diberi perlakuan penambahan massa serbuk cangkang telur puyuh, kelompok yang diberi perlakuan penambahan massa serbuk cangkang telur puyuh 0 g/l, 1,5 g/l, 3,5 g/l dan 5,5 g/l (P_0 , P_1 , P_2 , dan P_3).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen (*experimental research*) yang bertujuan untuk mengetahui suatu gejala atau pengaruh yang timbul sebagai akibat dari adanya eksperimen atau percobaan tertentu dengan melakukan percobaan. Adanya trial atau intervensi merupakan ciri khusus dalam penelitian eksperimen, dimana percobaan berupa perlakuan pada suatu variabel yang diharapkan adalah terjadi perubahan dan berpengaruh pada variabel lain (Notoatmojo, 2010:50). Sedangkan desain penelitiannya menggunakan desain penelitian *True Experimental Design* dengan bentuk *Posstest-Only Control Design*. Untuk mengontrol semua variabel luar yang dapat memberikan pengaruh terhadap jalannya eksperimen, sehingga kualitas pelaksanaan rancangan penelitian dapat menjadi tinggi. Terdapat 4 kelompok dalam percobaan yang dilakukan, keempat kelompok tersebut masing-masing dipilih secara random (R), yaitu kelompok yang tidak diberi perlakuan disebut kelompok kontrol (P_0), kelompok yang diberi perlakuan serbuk cangkang telur puyuh 1,5 g/l (P_1), kelompok yang diberi perlakuan serbuk cangkang telur puyuh 3,5 g/l (P_2), dan kelompok yang diberi perlakuan serbuk cangkang telur puyuh 5,5 g/l (P_3).



Gambar 3.1 Desain Penelitian

Keterangan :

X : Populasi

R : Random

O : Observasi

P₀ : Kelompok tanpa penambahan massa serbuk cangkang telur puyuh

P₁ : Adsorpsi dengan massa serbuk cangkang telur puyuh 1,5 g/l

P₂ : Adsorpsi dengan massa serbuk cangkang telur puyuh 3,5 g/l

P₃ : Adsorpsi dengan massa serbuk cangkang telur puyuh 5,5 g/l

Rumus pengulangan untuk desain RAL (Rancangan Acak Lengkap) yang digunakan untuk pengulangan pada setiap perlakuan dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Hanifah, 2005:12) :

$$(t-1)(r-1) = 15$$

$$(4-1)(r-1) = 15$$

$$3r - 3 = 15$$

$$3r = 18$$

$$r = 6$$

Keterangan :

t : treatment atau tindakan yaitu = 4

r : replikasi atau diulang

15 : faktor nilai derajat kebebasan

Didapatkan nilai r adalah 6, yang artinya setiap perlakuan mendapat 6 kali replikasi atau diulang, sehingga jumlah sampel yang dibutuhkan ditetapkan dengan rumus :

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

$$= 6 \times 4$$

$$= 24$$

Berdasarkan perhitungan rumus tersebut, didapatkan jumlah replikasi dari empat perlakuan pada penelitian ini adalah 24 replikasi, sehingga dapat diketahui

jumlah sampel dalam penelitian ini adalah 24 sampel. Selanjutnya dibuat tabel dengan rumus $r \times t$ untuk menentukan RAL, sebagai berikut :

Tabel 3.1 Tata letak RAL Penelitian

Kontrol	Perlakuan 1	Perlakuan 2	Perlakuan 3
(0 g/l)	(1,5 g/l)	(3,5 g/l)	(5,5 g/l)
P ₀ 1	P ₁ 1	P ₂ 1	P ₃ 1
P ₀ 2	P ₁ 2	P ₂ 2	P ₃ 2
P ₀ 3	P ₁ 3	P ₂ 3	P ₃ 3
P ₀ 4	P ₁ 4	P ₂ 4	P ₃ 4
P ₀ 5	P ₁ 5	P ₂ 5	P ₃ 5
P ₀ 6	P ₁ 6	P ₂ 6	P ₃ 6

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

Air sumur yang diambil sebagai sampel penelitian didapatkan dari TPA Pakusari Kabupaten Jember, untuk pembuatan serbuk cangkang telur puyuh, aktivasi termal di laboratorium CDAST. Pengontakan air sumur dengan serbuk cangkang telur puyuh dilakukan di Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember dan untuk analisa kandungan Pb pada sampel di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Surabaya.

3.2.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus sampai selesai.

3.3 Objek dan Teknik Pengambilan Objek Penelitian

3.3.1 Objek Penelitian

Air sumur sekitar TPA Pakusari Kabupaten Jember yang mengandung Pb adalah objek penelitiannya. Air sumur monitoring dicampur dengan serbuk cangkang telur puyuh teraktivasi sebagai media adsorben logam Pb. Cangkang

telur puyuh diperoleh dari pedagang keliling papeda telur puyuh yang menggunakan telur puyuh sebagai bahan pembuat papeda telur puyuh yang berjualan di jalan sekitar MI Al-Falah Desa Sekarputih Kecamatan Widodaren Kabupaten Ngawi. Cangkang telur puyuh dicuci dengan air bersih kemudian dihilangkan bagian lapisan membrannya setelah itu diangin-anginkan pada suhu 28°C hingga cangkang telur puyuh benar-benar kering ditandai dengan cangkang telur puyuh mudah dipecahkan. Cangkang telur puyuh yang telah kering ditimbang menggunakan neraca analitik kemudian diblender menghasilkan serbuk cangkang telur puyuh.

Serbuk cangkang telur puyuh ditimbang kembali dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Kemudian dimasukkan ke dalam *furnace* dengan suhu 800°C selama 6 jam untuk proses aktivasi secara termal, serbuk yang telah diaktivasi mengalami perubahan warna menjadi hitam keabuan lalu disimpan didalam desikator untuk proses pendinginan. Serbuk cangkang telur puyuh yang telah teraktivasi siap untuk digunakan sebagai adsorben logam berat timbal (Pb) pada air sumur. Jumlah air sumur yang diperlukan adalah sebanyak 24 liter.

Variasi konsentrasi serbuk cangkang telur puyuh yang digunakan dalam penelitian yaitu sebanyak 0 g/l, 1,5 g/l, 3,5 g/l, dan 5,5 g/l. Setiap variasi konsentrasi serbuk cangkang telur puyuh direndam pada air sumur monitoring (Ratnasari, 2017:57 dan 59). Waktu kontak cangkang telur puyuh dengan air sumur selama 30 menit (Susanto, 2017:30).

3.3.2 Teknik Pengambilan Objek Penelitian

Teknik pengambilan objek dalam penelitian ini menggunakan *Grab Sample*, yaitu pengambilan sampel sesaat pada satu lokasi tertentu, sesuai dengan Standar Nasional Indonesia terkait tata cara mengambil sampel air tanah 6989.58 tahun 2008.

3.4 Objek dan Teknik Pengambilan Objek Penelitian

3.4.1 Variabel Penelitian

Penelitian ini terdapat variabel terikat dan variabel bebas, dimana variabel terikat dalam penelitian ini yaitu kadar Pb air sumur monitoring dan variabel bebasnya adalah pemanfaatan serbuk cangkang telur puyuh dengan variasi konsentrasi 0 g/l, 1,5 g/l, 3,5 g/l dan 5,5 g/l.

3.4.2 Definisi Operasional

Definisi operasional variabel-variabel tersebut diantaranya :

Tabel 3.2 Definisi Operasional

Variabel	Definisi Operasional	Skala Data	Cara Pengukuran	Satuan
Kadar Pb	Jumlah logam berat Pb dalam air yang dinyatakan dengan satuan mg/l	Rasio	AAS	mg/l
Serbuk cangkang telur teraktivasi	Serbuk yang dihasilkan dari proses pengolahan cangkang telur puyuh menjadi serbuk setelah aktivasi termal dengan suhu 800°C. Variasi konsentrasi serbuk yang digunakan adalah 1,5 g/l, 3,5 g/l dan 5,5 g/l.	Rasio	Neraca Analitik	g/l

3.5 Bahan Penelitian dan Instrumen Penelitian

3.5.1 Alat Penelitian

Alat yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah :

1. Botol air mineral sebanyak 24 botol
2. Desikator
3. Gelas ukur
4. Neraca analitik
5. Corong *buchner*
6. Ayakan 100 *mesh*
7. Blender
8. Alat tulis
9. *Stopwatch*
10. Aluminium foil
11. *Furnace*
12. Gelas beaker
13. *Magnetic Stirrer*
14. AAS (*Atomic Absorption Spectrophometer*)
15. Kertas saring *whatman* 40, dengan ukuran pori 0,42 μm
16. Ember

3.5.2 Bahan penelitian

Penelitian ini membutuhkan bahan yang digunakan, yaitu :

1. Serbuk cangkang telur puyuh
2. Air sumur monitoring yang mengandung Pb

3.6 Prosedur Kerja

3.6.1 Proses Pembuatan Serbuk Cangkang Telur

Dalam pembuatan serbuk cangkang telur puyuh dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Menyediakan telur puyuh sebanyak 3 kg
- b. Pecahkan telur dan keluarkan isi telur puyuh
- c. Mencuci cangkang telur puyuh sampai bersih
- d. Menghilangkan kotoran yang menempel dan membran tipis bagian dalam cangkang telur puyuh
- e. Angin-anginkan cangkang pada suhu ruangan 28 °C
- f. Haluskan menggunakan blender selama 2 menit
- g. Ayak memakai ayakan 100 mesh
- h. Lakukan aktivasi secara termal menggunakan alat *furnace* atur suhu 800 °C selama 6 jam
- i. Hasil pemanasan dimasukkan kedalam desikator lalu disimpan dalam aluminium foil.

3.6.2 Prosedur Perlakuan Serbuk Cangkang Telur terhadap Limbah Cair Pb

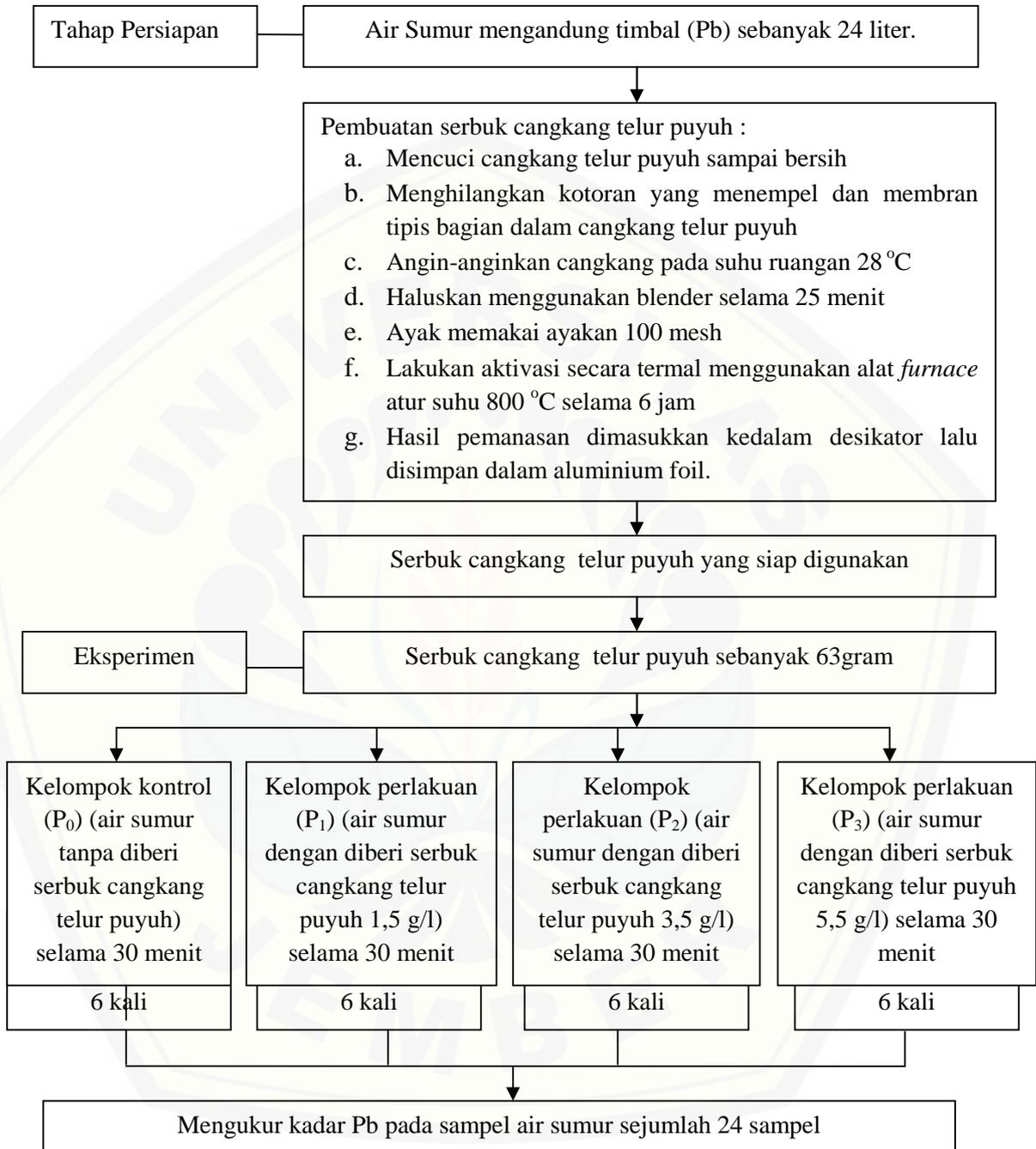
Prosedur penelitian untuk melakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Pengambilan air sumur monitoring yang mengandung Pb sebanyak 24 liter, kemudian menghomogenkan air sumur tersebut dengan mengaduk dalam bak penampungan
- b. Setelah homogen air sumur tersebut dituang ke dalam gelas beaker masing-masing sebanyak 1 liter
- c. Serbuk cangkang telur puyuh dengan variasi 1,5 g/l, 3,5 g/l dan 5,5 g/l yang sebelumnya ditimbang dengan timbangan analitik kemudian dicampurkan ke dalam air sumur yang mengandung Pb pada masing-masing kelompok sampel perlakuan
- d. Campuran diaduk menggunakan *jar test* selama 10 menit dengan kecepatan 250 rpm dan didiamkan selama 30 menit.

- e. Melakukan pemisahan antara adsorben serbuk cangkang telur puyuh dengan air sumur yang mengandung Pb dengan cara disaring menggunakan kertas saring *whatman* 40, dengan ukuran pori 0,40 μm
- f. Kemudian mengukur penurunan kadar Pb dengan menggunakan alat AAS pada air sumur setelah dilakukan pencampuran dengan serbuk cangkang telur puyuh teraktivasi termal.



3.7 Kerangka Operasional



Gambar 3.2 Kerangka Operasional

3.8 Data dan Sumber Data

3.8.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang bisa didapatkan secara langsung dari sumbernya atau subjek penelitian (Mustafa, 2009:92). Data primer dalam penelitian ini berupa hasil pemeriksaan laboratorium kadar timbal (Pb) pada air sumur monitoring yang belum mendapat perlakuan penambahan serbuk cangkang telur puyuh dengan variasi konsentrasi yang berbeda dalam masing-masing sampel.

3.8.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang bisa didapatkan dari data yang telah terkumpul sebelumnya oleh pihak lain atau sudah terdokumentasikan (Mustafa, 2009:92). Pada penelitian ini mendapatkan data sekunder dari Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Jember tentang volume sampah per bulan Kabupaten Jember tahun 2018 dan studi kepustakaan sebagai penunjang penelitian ini.

3.9 Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini adalah dengan cara observasi untuk mendapatkan data primer yang dibutuhkan peneliti. Peneliti mengamati secara langsung, secara sistematis dan dengan seksama memakai alat indera mata, telinga, hidung, tangan dan pikiran (Mustafa, 2009:94). Observasi yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu melakukan pengukuran kandungan timbal pada air sumur TPA Pakusari saat sebelum dan sesudah mendapat perlakuan penambahan serbuk cangkang telur puyuh teraktivasi termal di laboratorium.

3.10 Teknik Penyajian dan Analisis Data

Teknik penyajian merupakan bagian dalam proses penelitian yang memiliki tujuan menginformasikan hasil penelitian. Tujuan teknik penyajian adalah untuk memudahkan pembaca memahami informasi yang ada didalam penelitian

(Hidayat, 2010:175). Pada penelitian ini, teknik penyajian data adalah dengan tabel dan grafik dimana menggunakan skala numerik.

Teknik analisis data yang dipakai dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif dan analitik. Analisis deskriptif yaitu untuk menggambarkan hasil uji laboratorium. Dimana data disajikan secara deskriptif dalam bentuk grafik. Untuk melihat perbedaan pemberian serbuk cangkang telur puyuh terhadap penurunan kadar Pb pada air sumur dengan yang tidak diberi serbuk cangkang telur puyuh maka dilakukan uji statistik.

Uji statistik yang dipakai dalam penelitian ini yaitu uji anova satu arah (*one way anova*). Uji *one way anova* merupakan uji yang digunakan untuk mengetahui beda lebih dari dua rata-rata dan mengetahui variabel mana saja yang berbeda dengan lainnya. Uji *one way anova* digunakan jika data berdistribusi normal, skala dan interval rasio, varians populasi sama, dan sampel tidak berhubungan satu sama lain (Santoso, 2005:311). Aplikasi statistik komputer digunakan untuk menguji *one way anova* dengan interval kepercayaan 95% untuk melihat perbedaan masing-masing variabel bebas terhadap variabel terikat.

Langkah-langkah yang harus dilakukan dalam prosedur uji *one way anova* adalah sebagai berikut:

a. Uji Normalitas

Uji normalitas merupakan uji yang digunakan untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal, yaitu dengan Uji *Shapiro-Wilk*. Hipotesis yang digunakan dalam uji normalitas adalah :

Jika signifikansi $< 0,05$ maka distribusi adalah tidak normal

Jika signifikansi $> 0,05$ maka distribusi adalah normal (Santoso, 2005:211)

b. Tes Homogenitas Varians

Asumsi dasar dari analisis Anova yaitu harus memiliki varian yang sama, sehingga hipotesis yang dipakai dalam tes homogenitas varian yaitu :

Jika signifikansi $< 0,05$ maka data berasal dari populasi-populasi yang memiliki varians yang tidak sama.

Jika signifikansi $> 0,05$ maka data berasal dari populasi-populasi yang memiliki varians sama (Santoso, 2005:212).

c. Uji F

Merupakan uji analitik yang digunakan untuk menguji hipotesis semua kelompok memiliki mean populasi yang sama atau tidak, dimana harga F didapat dari rata-rata kuadrat (*mean square*) antar kelompok (*between groups*) dibagi dengan rata-rata kuadrat dalam kelompok (*within groups*).

Hipotesis yang digunakan dalam uji F adalah :

H₀ : keempat rata-rata populasi adalah identik

H₁ : Keempat rata-rata populasi adalah tidak identik

Jika probabilitas < 0,05 maka H₀ ditolak

Jika probabilitas > 0,05 maka H₀ diterima (Sutanta, 2005:192).

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

Tes Post Hoc merupakan tes atau uji yang dipakai untuk mengetahui lebih lanjut perbedaan yang terjadi antar kelompok, yaitu dengan menggunakan fungsi Tukey. Uji *Post Hoc* memakai Tukey digunakan karena jumlah subjek penelitian masing-masing kelompok sama. Hasil uji signifikansi dengan mudah bisa dilihat pada output dengan ada atau tidaknya tanda petik atas pada *mean* kolom *difference* (Dahlan, 2011:17).

Apabila hasil uji normalitas tidak menunjukkan data yang berdistribusi normal, maka dilanjutkan dengan uji Kruskal Wallis. Alat uji yang digunakan untuk data yang memiliki lebih dari dua sampel yang tidak berhubungan (Santoso, 2015:451).

Hipotesis yang digunakan adalah :

H₀ : diduga seluruh populasi sama

H₁ : diduga bahwa minimal salah satu dari populasi tidak sama

Dasar pengambilan keputusan adalah :

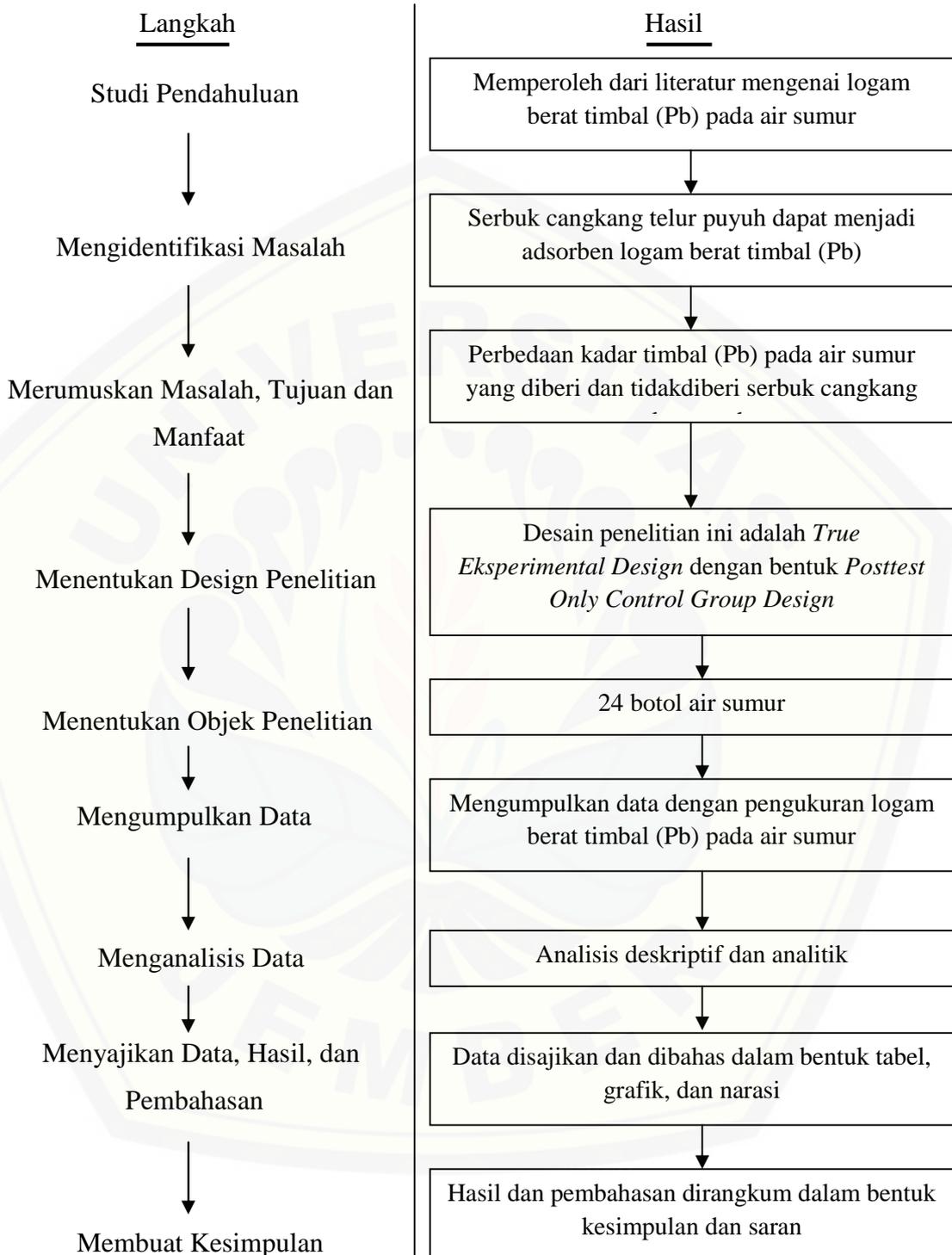
Jika probabilitas > 0,05, maka H₀ diterima

Jika probabilitas < 0,05, maka H₀ di tolak (Santoso, 2005:455-456)

Setelah dilakukan uji Kruskal Wallis maka dilanjutkan uji Mann-Whitney

Test untuk mengetahui perbedaan yang terjadi antar kelompok.

3.11 Alur Penelitian



Gambar 3.3 Alur Penelitian

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan mengenai “Pemanfaatan Cangkang Telur Puyuh sebagai Media Adsorben Logam Berat Timbal (Pb)” diatas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Rata-rata kadar timbal (Pb) pada kelompok kontrol (P0), P1, P2, dan P3 berturut-turut adalah 0,07 mg/l; 0,05 mg/l; 0,03 mg/l; dan 0,01 mg/l. Penurunan kadar timbal (Pb) pada kelompok penambahan serbuk cangkang telur puyuh pada kelompok perlakuan P1, P2 dan P3 berturut-turut yaitu 28,57%, 57,14% dan 85,71 %.
- b. Terdapat perbedaan penurunan kadar timbal (Pb) yang signifikan antar kelompok kontrol (P0) dan kelompok perlakuan penambahan massa serbuk cangkang telur puyuh P1 (1,5 g/l) = 0,019; P2 (3,5 mg/l) = 0,000; P3 (5,5 mg/l) = 0,000.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan tersebut disarankan sebagai berikut:

- a. Bagi penelitian selanjutnya perlu kontrol variabel lainnya, seperti tegangan permukaan dan konsentrasi adsorbat sehingga diperoleh kondisi adsorpsi yang optimum untuk mendapatkan serapan yang optimum terhadap logam besar.
- b. Penggunaan serbuk cangkang telur puyuh yang teraktivasi termal sebanyak 3,5 g/l dapat dijadikan alternatif untuk mengikat logam berat timbal (Pb) pada air sumur sekitar TPA Pakusari. Sehingga peneliti selanjutnya juga dapat membuat filter air, hasil serbuk cangkang telur puyuh teraktivasi bisa diterapkan langsung dengan mengetahui takaran serbuk cangkang telur puyuh teraktivasi untuk takaran bak air atau pada volume air sumur tersebut. Gambar rangkaian filter air dapat dilihat pada lampiran D. Pengaplikasian

filter air dapat dilakukan pada air sumur di pemukiman sekitar TPA Pakusari yang kemungkinan tercemar oleh logam berat. Filter air menggunakan serbuk cangkang telur puyuh teraktivasi termal dapat dijadikan alternatif untuk mengelola air sumur yang tercemar logam berat.



DAFTAR PUSTAKA

- Afdal, dan Sari, Resti. 2017. Karakteristik Air Lindi (Lechate) di Tempat Pembuangan Akhir Sampah Air Dingin Kota Padang. Universitas Andalas *Jurnal Fisika. Vol.6 (1): 93-99*
- Alamsyah, Sujana. 2007. *Merakit Sendiri Alat Penjernih Air untuk Rumah Tangga*. Jakarta Selatan: Kawan Pustaka
- Anggraeni, Ajeng. 2012. Metode Single drop pada pembuatan hidroksiapatit berbasis cangkang telur. *Skripsi*. Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Apsari, Ajeng T dan Fitriasti, Dina. 2010. Studi Kinetik Penjerapan Ion Kromium dan Ion Tembaga Menggunakan Kitosan Produk dari Cangkang Kepiting. *Skripsi*. Universitas Diponegoro: Fakultas Teknik
- Asip, F., Mardhiah, R., dan Husna. 2008. Uji Efektivitas Cangkang Telur dalam Mengadsorpsi Ion Fe dengan Proses Batch. *Jurnal Teknik Kimia. Vol.15 (2): 22-26*
- Asleni., Itnawita., dan Kartika., G. 2016. Potensi Abu Cangkang Kerang Darah dengan Variasi Waktu Kalsinasi sebagai Adsorben Ion Cu, Sn, Cn dan NO₃. [Online]
<https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFMIPA/article/view/2548/2480>
(Diakses Pada 19 April 2019)
- Asmadi dan Suharno. 2012. *Dasar-Dasar Teknologi Pengelolaan Air Limbah*. Yogyakarta: Gosyen Publishing
- Atika, Dian., Fitriani, A., dan Pramita, D. 2014. Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam sebagai Pengadsorpsi Logam Merkuri di Sungai Kapuas kalimantan Barat. *Karya Ilmiah*. [Online]
<https://www.scribd.com/document/364856909/PEMANFAATAN-LIMBAH-CANGKANG-TELUR-AYAM-S-pdf> (Diakses pada 24 Oktober 2018)
- Bertus, M., Suherman., dan Mulyani, S. 2014. Karakterisasi FTIR Polyblend Adsorben Serbuk Biji Buah Kelor (*Moringa oleifera*) dan Cangkang Telur Ayam untuk Pengolahan Air Gambut di Daerah Palu Barat. Palu: Universitas Tandulako. *Jurnal Akademika Kimia Vol. 3(1)*.
- Chandra, Budiman. 2007. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC

- Dahlan, M. 2011. *Statistik untuk Kedokteran dan Kesehatan*. Jakarta: Salemba Medika.
- Damanhuri, E., dan Tri, P., 2010. *Diktat Kuliah Pengelolaan Sampah*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Darmojo, Boedhi. 2001. *Mengamati Perjalanan Epidemiologi Hipertensi di Indonesia*. Jakarta: Medika.
- Direktorat Pengawasan Produk dan Bahan Berbahaya. 2010. *Mengenal Logam Beracun*. Badan Pengawas Obat dan Makanan RI. ISBN 978-979-1269-30-8
- Fatmawinir., Suyani, H., dan Alif, A. 2015. Analisis Sebaran Logam Berat pada Aliran Air Dingin dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Air Dingin. *Jurnal Riset Kimia Vol. 8(2)*.
- Fardiaz. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Kanisius
- Fitriyana, Safitri E. 2015. Pemanfaatan Cangkang Telur Ayam sebagai Adsorben untuk Meningkatkan Kualitas Minyak Jelantah. Universitas Lambung Mangkurat. *Jurnal. Vol. 4 (1)*
- Gapsari, Femiana. 2017. *Pengantar Korosi*. Malang: UB Press
- Hanifiah, K. 2005. *Rancangan Percobaan Aplikatif*. Jakarta: Demedia Pustaka
- Hartati, I., Riwayati, I., dan Kurniasari, L. 2011. Potensi Xanthate Pulpa kopi Sebagai Adsorben Pada Pemisahan Ion Timbal dari Limbah Industri Batik. Universitas Wahid Hasyim: Fakultas Teknik. *Momentum. Vol. 7(2):25-30*.
- Hartono, Rudi. 2008. *Penanganan dan Pengolahan Sampah*. Penebar Swadaya. Bogor
- Hasrianti. 2012. Adsorpsi Ion Cd²⁺ dan Cr⁶⁺ pada Limbah Cair Menggunakan Kulit Singkong. *Tesis*. Makassar: Universitas Hasanuddin
- Himmah, Nur., Aminudi dan Milala, Fitriani. 2009. Potensi Limbah Air Lindi oleh Pseudomonas Flouresens sebagai Probiotik Tanaman. *Program Kreativitas Mahasiswa*. Bogor: Institusi Pertanian Bogor
- Hu, Huimin., Zhang, Qiwu., Yuan, Wenyi., Li, Zhao., Zhao, Yue., dan Gu, Weijan. 2019. Efficient Pb Removal Through The Formations of (Basic) Carbonate Precipites From Different Sources During Wet Stirred Ball Milling With CaCO₃. Wuhan University of Technology China. *Journal Science of the Total Environment 664 (53–59)*.

- Ifa, La., Akbar, Muhammad., Ramli, A., dan Wiyanti, Lastri. 2018. Pemanfaatan Cangkang Kerang dan Cangkang Kepiting sebagai Adsorben Logam Cu, Pb dan Zn pada Limbah Industri Pertambangan Emas. Universitas Muslim Indonesia. *Journal of Chemical Process Engineering Vol. 3(1)*
- Imtitsal, Hanifatul. 2015. Pemanfaatan Serbuk Pektin Kulit Kakao sebagai Media Adsorben Logam Berat Pb pada Limbah Cair. *Skripsi*. Universitas Jember: Fakultas Kesehatan Masyarakat.
- Indrawati, D., Iswanto, B., dan Umam, A. 2014. Pengaruh Resikulasi Leachate pada Proses Dekomposisi Sampah Organik Secara Anaerob. *Skripsi*. Universitas Trisakti: Fakultas Arsitektur Lanskap dan Teknologi Lingkungan.
- Imtitsal, H. 2014. Pemanfaatan Serbuk Pektin Kulit Kakao sebagai Media Adsorben Logam Berat Pb pada Limbah Cair Industri Elektroplating. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember
- Insiana, Maria., Warouw, V., dan Theffie, K. 2017. Analisis Kualitas Air di Sekitar Situs TPA Sumompo Kota Manado. *E-journal Vol.1(5)*. [Online] <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/cocos/article/view/15892/15405> (Diakses pada 02 Agustus 2018)
- Iriany dan Anugerah S, Akhmad. 2015. Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Bulu sebagai Adsorben untuk Menyerap Logam Kadmium (II) dan Timbal (II). Universitas Sumatera Utara. *Jurnal Teknik Kimia Vol. 4(3)*.
- Jamila, 2014. Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur. *Modul Mata Kuliah Teknologi Pengelolaan Limbah dan Sisa Hasil ternak*. Makassar: Universitas Hasanudin Program Studi Peternakan.
- Jasinda. 2013. Penyerapan Logam Kadmium (Cd²⁺) dengan Adsorben Cangkang Telur Bebek yang Telah Diaktivasi. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara. *Jurnal Teknik Kimia Vol. 2(3)*.
- Juliananda dan Ismuyanto, Bambang. 2017. *Teknik Perlakuan Limbah Gas Hasil Bakar Industri*. Malang: UB Press.
- Junita, Lisa. 2013. Profil Penyebaran Logam Berat di Sekitar TPA Pakusari. *Skripsi*. Universitas Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
- Khoiriyah, Imamatul. 2018. Pemanfaatan Serbuk Selulosa Kulit Pisang Raja (Musa Textilia) untuk Menurunkan Timbal (Pb). *Skripsi*. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Jember

- Manik, Gunawan F. 2017. Studi Interaksi Ion Na⁺ pada Protein P53 dengan Kajian Simulasi Dinamika Molekul. *Skripsi*. Universitas Gajah Mada. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
- Maslahat, M., Taufik, A., dan Subagja, P. 2015. Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur sebagai Biosorben untuk Adsorpsi Logam Pb dan Cd. Bogor: Universitas Nusa Bangsa. *Jurnal Sains Natural Vol. 5(1)*.
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia. 2017. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Moelyaningrum, Anita Dewi. 2010. Timah Hitam dan Kesehatan. Jember: Universitas Jember. *Jurnal IKESMA Vol. 6(2)*.
- Moelyaningrum, Anita Dewi., 2016. Correlation Between Blood Lead Level (BLL) And Osteoporosis In Postmenopousal Women In Surabaya Indonesia. *Paper*. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Airlangga
- Moelyaningrum, Anita Dewi. 2016. Timah Pb dan Karies Gigi. Jember: Universitas Jember. *Jurnal Kedokteran Gigi Stomatognatic Vol. 13(1): 28-31*.
- Mohamed, Mustakimah., Yusup, Suzana dan Maitra, Saikat. 2012. Decomposition Study Of Calcium Carbonate In Cockle Shell. Malaysia: Universiti Teknologi Petronas. *Journal of Engineering Science and Technology Vol. 7(1)*
- Mukhlis dan Yatim, Erni. 2013. Pengaruh Lindi (Leachate) Sampah Terhadap Air Sumur Penduduk Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Air Dingin. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Vol. 7 (2)*.
- Muljadi. 2009. Efisiensi Instalasi Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Cetak dengan Metode Fisika-Kimia dan Biologi terhadap Penurunan Parameter Pencemar (BOD, COD dan Logam Berat Krom (Cr)) Studi Kasus di Desa Batulan Makam Haji Sukoharjo. Surakarta: Universitas Sebelas Maret: *Jurnal Ekuilibrium Vol. 8(1): 7-16*.
- Mukono. 2006. *Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan*. Surabaya: Airlangga University Press.

- Muna Al Nailil. 2011. Kinetik Adsorpsi Karbon Aktif dari Batang Pisang sebagai Adsorben untuk Penyerapan Ion Logam Cr pada Air Limbah Industri. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
- Mustafa, Zainal E. 2009. *Mengurai Variabel Hingga Instrumentasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Ngandayani, Dwi. 2011. Pengaruh Konsentrasi Adsorbat, Temperatur dan Tegangan Permukaan pada Proses Adsorpsi Gliserol dan Karbon Aktif. *Skripsi*. Universitas Sebelas Maret [Online] <https://eprints.uns.ac.id/8983/1/205331111201107161.pdf>
- Nugraha, W., Sutrisno, E., dan Yohan, M. 2012. Perencanaan Sistem Pengelolaan Sampah Terpadu di Kecamatan Pedurungan Kota Semarang. Universitas Diponegoro: Fakultas Teknik. *Jurnal Teknik Lingkungan Vol. 1(1)*. [Online] http://eprints.undip.ac.id/42260/1/Jurnal_TA.doc. (Diakses pada 07 Mei 2018)
- Nyoman, W. 2012. Adsorpsi Logam Berat pada limbah Industri Elektroplating Menggunakan Kulit Telur. *Skripsi*. Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur: Fakultas Teknik Sipil Program Studi Teknik Lingkungan.
- Palar, H. 2012. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: PT. Rineka Cipta
- Puspita, Upit., Siregar, A., dan Hidayati, N. 2011. Kemampuan Tumbuhan Air Sebagai Agen Fitromediator Logam Berat Kromium (Cr) yang Terdapat pada Limbah Cair Industri Batik. *e-Journal Berkala Perikanan Terubuk Vol. 39(1): 58-64* [Online] <https://ejournal.unri.ac.id/index.php/JT/article/view/268/262> (Diakses 18 April 2018)
- Prasidha, I. 2012. Adsorpsi Logam Berat Pada Limbah Industri Elektroplating menggunakan Kulit Telur. *Skripsi*. Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur: Program Studi Teknik Lingkungan.
- Presiden Republik Indonesia. 1990. *Peraturan Pemerintah Tentang Pengendalian Pencemaran Air*. Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 20.
- Pridyanti, Dini., Moelyaningrum, Anita D., dan Ningrum, Prehatin T. 2018. Pemanfaatan Limbah Cangkang Kupang (*Corbula Faba*) Teraktivasi Termal Sebagai Adsorben Logam Kromium (Cd^{2+}) pada Limbah Cair Batik. Universitas Jember: Fakultas Kesehatan Masyarakat. *Hibualamo: Seri Ilmu-ilmu dan Kesehatan Vol. 2(2)*

- Qadriyah, Lailatul. 2018. Analisis Jarak dan Konstruksi Sumur dengan Kadar Kadmium (Cd) pada Air Sumur Gali di Sekitar TPA Pakusari Kabupaten Jember. *Skripsi*. Universitas Jember: Fakultas Kesehatan Masyarakat
- Ratnasari, Ninis., Moelyaningrum, A., dan Ellyke. 2017. Penurunan Kadar Tembaga (Cu) pada Limbah Cair Industri Elektroplating Menggunakan Cangkang Telur Ayam Potong Teraktivasi Termal. Universitas Jember: Fakultas Kesehatan Masyarakat. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Vol. 9(2)*.
- Rizki, A. P., dan Sanjaya, A. S. 2015. Kinetics Study of Fe Content Decrease in Well Water with Activated Carbon Adsorption of Coffee Waste. *Skripsi*. Universitas Mulawarman: Fakultas Teknik.
- Rofida, Ida., Wahyuningsih, Nur E., dan Nurjazuli. 2018. Efektivitas Arang Aktif Kayu dengan Variasi Ukuran Adsorben dan Debit Aliran dalam Menurunkan Kadar Kadmium (Cd) pada Limbah Cair Pertanian. Universitas Diponegoro. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Vol. 6(6)*
- Santoso, S. 2005. *Menguasai Statistik di Era Informasi dengan SPSS 12*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo
- Saptati, Dwi., dan Himma, Nurul F. 2018. *Perlakuan Fisiko-Kimia Limbah Cair Industri*. Malang: UB Press
- Sarudji, D. 2010. *Kesehatan Lingkungan*. Bandung
- Sasongko, Dwi P., dan Tresna, Wildan P. 2010. Identifikasi Unsur dan Kadar Logam Berat pada Limbah pewarna Batik dengan Metode Analisis Pengaktifan Neutron. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi TELAAH Vol. 27:22-27*. [Online] http://www.fisika.lipi.go.id/in/sites/default/files/makalah_04272010.pdf (Diakses pada 18 April 2018)
- Satriani, Dewi., Ningsih, P., dan Ratman. 2016. Serbuk dari Limbah Cangkang Telur Ayam Ras sebagai Adsorben terhadap Logam Timbal (Pb). Palu: Universitas Tadulako. *Jurnal Akademika Kimia Vol. 5(3): 103-108*.
- Sembel, Dentje T. 2015. *Toksikologi Lingkungan*. Yogyakarta: Andi
- Sembodo, B. 2006. Model Kinetika Langmuir untuk Adsorpsi Timbal pada Abu Sekam Padi. *Jurnal Ekuilibrium Vol. 5(1): 28-33*.
- Setianingsih, Tutik. 2018. *Karakteristik Pori dan Luas Muka Padatan*. Malang: UB Press

- Shafirina, Rahma., Wardana, Irawan., dan Oktiawan, W. 2016. Pengaruh Variasi Ukuran Adsorben dan Debit Aliran Terhadap Penurunan Cr dan Cu dengan Arang Aktif dari Limbah Kulit Pisang pada Limbah Cair Industri Pelapisan Logam Elektroplating. *Jurnal Teknik Lingkungan Vol. 5(1)*
- Sirajudin., Syahrir, Muhammad., dan Syahrir, Irmawati. 2017. Optimasi Kecepatan Pengadukan pada Proses Adsorpsi Limbah Cair Laundry untuk Menurunkan Kadar Surfaktan Menggunakan Batu Bara. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2017*. Jakarta: Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Situmorang, Manihar. 2017. *Kimia Lingkungan*. Depok: Rajawali Pers
- Suksmerri. 2008. Dampak Pencemaran Logam Timah Hitam (Pb) terhadap Kesehatan. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Vol. 2(2): 200-202*.
- Sumantri, Arif. 2010. *Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Kencana
- Surasen, C. 2002. Removal of Cadmium in Syntetic Wastewater by Egg Shell Filter. *Tesis*. Bangkok: Kesetsart University Faculty of Graduete Studies
- Susanto, T., Atmono dan Natalina. 2017. Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam sebagai Media Adsorben dalam Penurunan Kadar Logam Kromium Heksavalen pada Limbah Cair Industri Elektroplating. Badan Penelitian, Pengembangan dan Inovasi Puslitbang Kualitas dan Laboratorium Lingkungan. *Jurnal Ecolab Vol. 11(1)*.
- Sutanta, E. 2005. *Statistik dan Probabilitas: Teori dan Praktek Komputer*. Yogyakarta: Amus.
- Syauqiyah, Isna., Amalia, M., dan Kartini. 2011. Analisis Variasi waktu dan Kecepatan Pengadukan pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif. *Info Teknik Vol. 12(1)*.
- Siregar, Upriyanti O. 2013. *Sintesis Biphasic Calsium Phospate Dari Cangkang Telur*. Skripsi. FMIPA. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Tangio, Julhim S. 2013. Adsorpsi Logam Timbal (Pb) dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok (Eichorniacrassipes). Universitas Negeri Gorontalo: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. *Jurnal Entropi Vol. 8(1)*.
- Utomo, Aditya Wahyu. 2014. Pemanfaatan Kulit Telur Ayam, Bebek dan Burung Puyuh pada Proses Pembekuan Darah. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

- Wardhana, Irawan W., Handayani, Dwi S., dan Rahmawati. 2009. Penurunan Kandungan Phosphat pada Limbah Cair Industri Pencucian Pakaian (Laundry) Menggunakan Karbon Aktif dari Sampah Plastik dengan Metode Batch dan Kontinyu. *Jurnal Teknik Vol. 30(2)*
- Widayasari, Nindhianingtyas., Moelyaningrum, Anita Dewi., dan Pujiati, Sri, Rahayu. 2013. Analisis Potensi Pencemaran Timbal (Pb) pada Tanah, Air Lindi, dan Air Tanah (Sumur Monitoring) di TPA Pakusari Kabupaten Jember. *Artikel Ilmiah Penelitian Mahasiswa*. Universitas Jember: Bagian Kesehatan Lingkungan dan Keselamatan Kesehatan Kerja.
- Widowati, Wahyu dan Sationo, Astiana. 2008. *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Yogyakarta : Andi
- Wirakusumah, Emma. 2005. *Menikmati Telur Bergizi, Lezat dan Ekonomis*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama
- Yonata, Diode., Aminah, S., dan Hersoeliatyorini, W. 2017. Kadar Kalsium dan Karakteristik Fisik Tepung Cangkang Telur Unggas dengan Perendaman berbagai Pelarut. *Jurnal Pangan dan Gizi Vol.7(2): 82 – 93*.
- Yulaipi, S., dan Anurohim. 2013. Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Hubungannya dengan Laju Pertumbuhan Ikan Mujair (*Oreochromis Mossabicus*). Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November. *Jurnal Sains dan Seni Pomits Vol. 2(2)*.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A. LEMBAR OBSERVASI

Tabel Pengamatan Penurunan Kadar Pb				
	Konsentrasi	Pengulangan ke-	Kadar Pb Setelah Pengontakkan Selama 30 Menit (mg/l)	
Serbuk Cangkang Telur Puyuh	0 g/l (P0)	1	0,078	
		2	0,082	
		3	0,068	
		4	0,071	
		5	0,045	
		6	0,062	
	Rata-Rata			0,07
	1,5 g/l (P1)	1	0,045	
		2	0,037	
		3	0,032	
		4	0,052	
		5	0,048	
		6	0,074	
	Rata-rata			0,05
	3,5 g/l (P2)	1	0,023	
		2	0,028	
		3	0,018	
		4	0,033	
		5	0,026	
		6	0,028	
Rata-Rata			0,03	
5,5 g/l (P3)	1	0,011		
	2	0,009		
	3	0,012		
	4	0,018		
	5	0,004		
	6	0,007		
Rata-Rata			0,01	

LAMPIRAN B. Hasil Uji Laboratorium



KEMENTERIAN KESEHATAN RI
 DIREKTORAT JENDERAL PELAYANAN KESEHATAN
 BALAI BESAR LABORATORIUM KESEHATAN SURABAYA

Jalan Karangmeruangan No. 18 Surabaya - 60286
 Telepon Pelayanan : (031) 5020306, TU : (031) 5021451, Faksimili : (031) 5020388
 Website : bbksurabaya.com | Surat elektronik : bbksur@yahoo.co.id

HASIL ANALISA KIMIA

Nomor : 239 / Bhu / III / 2019
 Jenis bahan : Air Sumur
 Dikirim oleh : **WILDA FARADILA**
 Alamat : **MAHASISWA FAKULTA KESEHATAN MASYARAKAT
 UNIVERSITAS JEMBER**
 Diambil oleh : Yang bersangkutan
 Diterima di BBLK tgl : 27 Februari 2019

No	KODE BAHAN	TIMBAL(Pb)	SATUAN
1	PA-1	0,078	ppm
2	PA-2	0,082	ppm
3	PA-3	0,068	ppm
4	PA-4	0,071	ppm
5	PA-5	0,045	ppm
6	PK-6	0,062	ppm
7	PB-1	0,045	ppm
8	PB-2	0,037	ppm
9	PB-3	0,032	ppm
10	PB-4	0,052	ppm
11	PB-5	0,048	ppm
12	PB-6	0,074	ppm
13	PC-1	0,023	ppm
14	PC-2	0,028	ppm
15	PC-3	0,018	ppm
16	PC-4	0,033	ppm
17	PC-5	0,026	ppm
18	PC-6	0,028	ppm
19	PD-1	0,011	ppm
20	PD-2	0,009	ppm
21	PD-3	0,012	ppm
22	PD-4	0,018	ppm
23	PD-5	0,004	ppm
24	PD-6	0,007	ppm

Perhatian :

- Hasil pemeriksaan ini hanya berlaku untuk contoh diatas
- Hasil ini tidak dapat dipergunakan untuk keperluan klasifikasi
- Dilampirkan menggunakan dokumen ini berupa hasil sheet BBLK Surabaya



Manajer Teknik,
Nisa Nurjita Valerie, S.Si, M.Si
 NIP. 19840307 200912 2001



Lampiran C. Hasil Uji Statistik Anova

1. Uji Normalitas

Tests of Normality

	SAMPEL	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
	K	,177	6	,200 [*]	,937	6	,638
Pb	P1	,226	6	,200 [*]	,919	6	,500
	P2	,181	6	,200 [*]	,969	6	,887
	P3	,184	6	,200 [*]	,975	6	,925

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

2. Tes Homogenitas

Test of Homogeneity of Variances

Kadar Pb

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,677	3	20	,204

3. Uji Anova

ANOVA

Pb

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,011	3	,004	34,647	,000
Within Groups	,002	20	,000		
Total	,014	23			

4. Uji Post Hoc

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Pb

Tukey HSD

(I) SAMPEL	(J) SAMPEL	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
K	P1	,019667*	,006045	,019	,00275	,03658
	P2	,041667*	,006045	,000	,02475	,05858
	P3	,057500*	,006045	,000	,04058	,07442
P1	K	-,019667*	,006045	,019	-,03658	-,00275
	P2	,022000*	,006045	,008	,00508	,03892
	P3	,037833*	,006045	,000	,02092	,05475
P2	K	-,041667*	,006045	,000	-,05858	-,02475
	P1	-,022000*	,006045	,008	-,03892	-,00508
	P3	,015833	,006045	,072	-,00108	,03275
P3	K	-,057500*	,006045	,000	-,07442	-,04058
	P1	-,037833*	,006045	,000	-,05475	-,02092
	P2	-,015833	,006045	,072	-,03275	,00108

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

5. Homogeneous Subsets

Pb

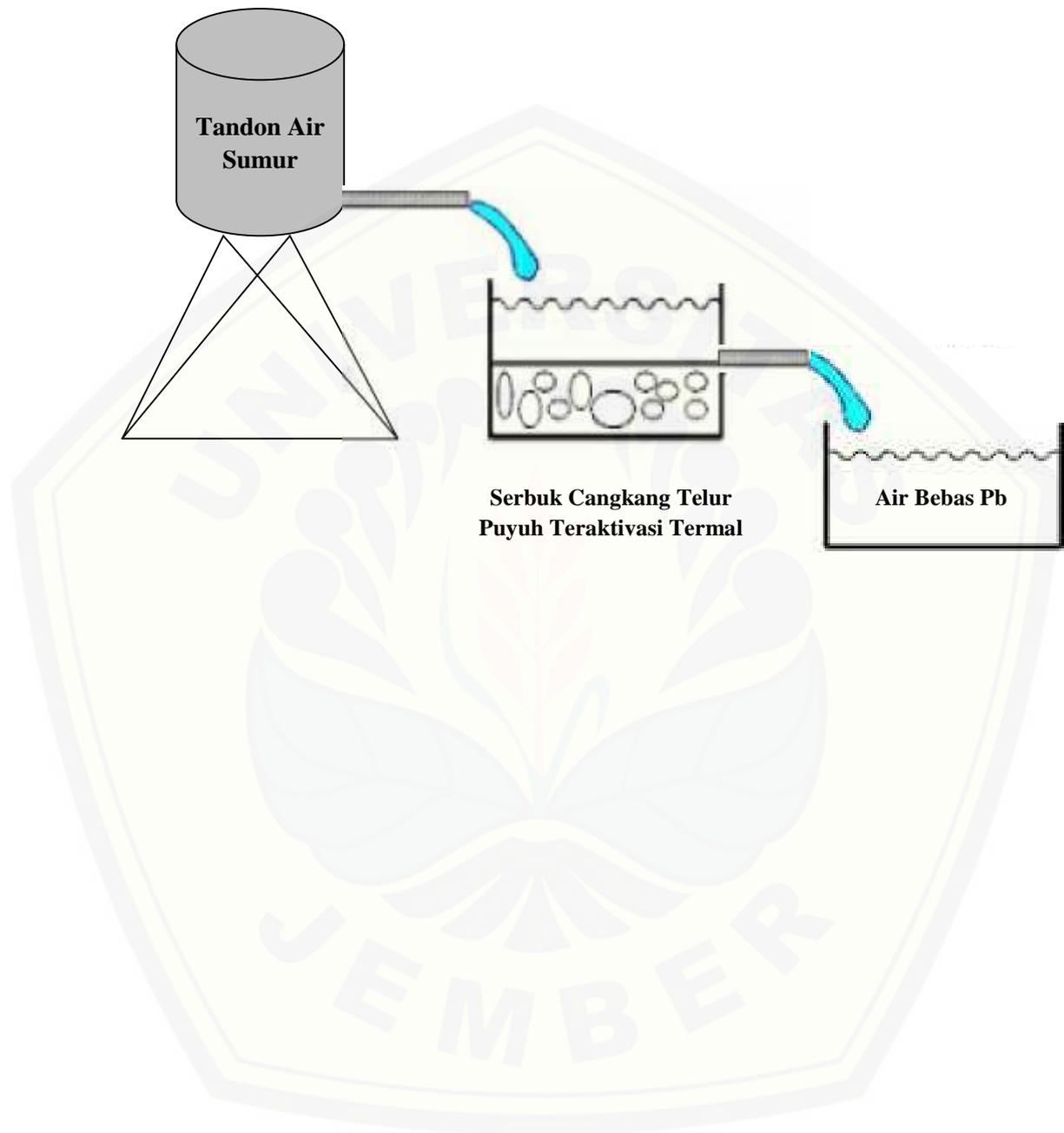
Tukey HSD

SAMPEL	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
P3	6	,01017		
P2	6	,02600		
P1	6		,04800	
K	6			,06767
Sig.		,072	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

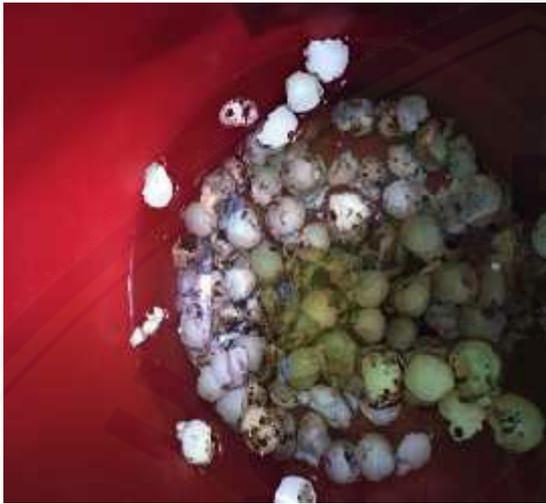
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,000.

Lampiran D. Gambaran Pengolahan Filter Air Sumur Menggunakan Serbuk Cangkang Telur Puyuh Teraktivasi Termal



LAMPIRAN D. Dokumentasi Kegiatan

PERSIAPAN



Gambar 1. Pencucian cangkang telur puyuh dan penghilangan membran



Gambar 2. Menghilangkan membran tipis bagian dalam cangkang telur puyuh



Gambar 3. Pembuatan serbuk cangkang telur puyuh dengan menggunakan blender



Gambar 4. Serbuk cangkang telur puyuh diatak menggunakan ayakan 100 mesh



Gambar 5. Hasil serbuk yang belum teraktivasi



Gambar 6. Proses aktivasi dengan *furnace* suhu 800°C



Gambar 7. Serbuk cangkang telur puyuh yang telah teraktivasi



Gambar 8. Menimbang serbuk cangkang telur puyuh menggunakan timbangan analitik masing-masing sebesar 1,5 g, 3,5 g dan 5,5 g.

EKSPERIMEN

Gambar 9. Menampung air sumur ke dalam bak



Gambar 10. Mengaduk air sumur yang sudah ditambahkan serbuk menggunakan jar test dengan kecepatan 250 rpm selama 10 menit



Gambar 11. Pengontakan serbuk cangkang telur puyuh dengan air sumur selama 30 menit



Gambar 12. Penyaringan serbuk cangkang telur puyuh dan air sumur menggunakan kertas saring whatman no.42 diameter 125mm



Gambar 13. Hasil penyaringan di masukkan kedalam botol dan di tambahkan HNO_3



Gambar 14. Penataan sampel didalam kardus dan *styrofoam box*



Gambar 15. Pengiriman ke laboratorium



Gambar 16. Analisis logam Pb menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)*