PEMANFAATAN LIMBAH PADAT INDUSTRI TAHU DAN REAKTOR *BIOSAND FILTER* UNTUK MENURUNKAN KADAR ION LOGAM Fe^{3+} DAN Zn^{2+} PADA INDUSTRI GALVANIS

Tugas akhir II

Disusun dalam rangka penyelesaian studi strata 1
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Prodi Kimia

Oleh

Danang Nugroho

4350406034

Kimia, S1

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2013

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir II ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke Sidang Panitia Ujian Tugas Akhir II Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 10 September 2013

Pembimbing I	Pembimbing II
Drs. Nurwachid Budi S., M.Si	Drs. Eko Budi Susatyo, M.Si
NIP. 194806171976121001	NIP. 196511111990031003

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis dalam Tugas Akhir II ini benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan dari karya tulis orang lain, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam Tugas Akhir ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, 10 September 2013

Penyusun

Danang Nugroho
4350406034

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir II yang berjudul

"Pemanfaatan Limbah Padat Industri Tahu dan Reaktor Biosand Filter Untuk Menurunkan Kadar Ion Logam Fe^{3+} dan Zn^{2+} Pada Industri Galvanis"

disusun oleh

Nama : Danang Nugroho

NIM : 4350406034

Telah dipertahankan di hadapan Sidang Panitia Ujian Tugas Akhir FMIPA Universitas Negeri Semarang pada tanggal 10 September 2013.

Panitia Ujian

Ketua	Sekretaris
Prof. Dr. Wiyanto, M.Si NIP.196310121988031001	Dra.Woro Sumarni, M.Si NIP. 196507231993032001

Penguji

Dra.Woro Sumarni, M.Si
NIP 196507231993032001

Penguji/Pembimbing I	Penguji/Pembimbing II
Drs. Nurwachid Budi S., M.Si	Drs. Eko Budi Susatyo, M.Si
NIP. 194806171976121001	NIP. 196511111990031003

MOTTO

Motto:

- “Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya, …… “ ***(QS Al Baqarah : 286)***
- Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain. ***(QS Al Insyirah: 6-7)***
- “……, jadikanlah sabar dan shalat sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar.” ***(QS Al Baqarah : 153)***
- “Ibrahim berkata : "tidak ada orang yang berputus asa dari rahmat Tuhan-nya, kecuali orang-orang yang sesat".” (QS. al-Hijr. 46)
- “Rasulullah Saw. bersabda: “Barangsiapa yang memudahkan urusan orang yang mengalami kesulitan, maka Allah akan memudahkan urusannya di dunia dan di akhirat. Allah akan menolong hamba-Nya selama hamba tersebut mau menolong sesama saudaranya”. ***(HR. Ibnu Majjah).***
- Rasulullah SAW Bersabda: "Bagi tiap sesuatu terdapat ujian dan cobaan, dan ujian serta cobaan terhadap umatku ialah harta-benda." ***(HR. Tirmidzi)***

Karya ini untuk :

Ibunda tercinta dan Ayahanda tersayang

Kedua kakakku Djatmiko Adi, SH. dan Bekti Susetyo, S. Kom,

My Lovely sister Nunes Andayani

Teman-teman dalam Band PANEPEN,

Guru agamaku yang telah membimbingku ke jalan Islam, dan

”*sahabatku..teman-temanku.....*”

yang telah menyatukan doa dan semangat untukku.

KATA PENGANTAR

Alhamdulilah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir II dengan Judul Pemanfaatan Limbah Padat Industri Tahu dan Reaktor *Biosand Filter* Untuk Menurunkan Kadar Ion Logam Fe^{3+} Dan Zn^{2+} Pada Industri Galvanis.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, baik dalam penelitian maupun penyusunan Tugas Akhir II. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Rektor Universitas Negeri Semarang
2. Dekan FMIPA UNNES
3. Ketua Jurusan Kimia UNNES.
4. Drs. Nurwachid Budi S., M.Si., selaku Pembimbing I yang telah memberikan petunjuk dan bimbingan dengan penuh kesabaran sehingga Tugas Akhir II ini dapat terselesaikan
5. Drs. Eko Budi Susatyo, M.Si., selaku Pembimbing II yang telah memberikan motivasi, bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan Tugas Akhir II ini.
6. Dra. Woro Sumarni, M.Si., selaku Penguji utama yang telah memberikan pengarahan, kritikan dan masukan sehingga Tugas Akhir II ini menjadi lebih baik
7. Prof. Dr. Siti Sundari Miswadi, M. Si. (alm), selaku dosen wali yang sampai akhir hayatnya tetap sabar membimbing dan memberi motivasi untuk segera menyelesaikan studi.
8. Prof. Dr. H. Masrukhi, M. Pd., yang telah memberikan motivasi dan semangat sehingga Tugas Akhir II ini dapat terselesaikan
9. Kepala laboratorium kimia beserta seluruh teknisi dan laboran yang telah memberikan dukungan serta membantu kelancaran penelitian.
10. Seluruh Karyawan dan Staf Jurusan Kimia yang telah membantu.

11. Bapak ibu dosen jurusan kimia FMIPA UNNES yang telah memberikan bekal ilmu kepada penulis.
12. Keluarga besar Radio Ekspresi Mahasiswa UNNES Semarang, yang merupakan keluarga sekaligus rumah kedua selama menempuh studi di UNNES.
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir II ini.

Demikian ucapan terima kasih dari penulis, mudah-mudahan Tugas Akhir II ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada khususnya dan pengembangan ilmu pengetahuan pada umumnya.

Semarang, 10 September 2013

Penulis

Abstrak

Nugroho, Danang. 2013. **"Pemanfaatan Limbah Padat Industri Tahu dan Reaktor *Biosand Filter* Untuk Menurunkan Kadar Ion Logam Fe^{3+} Dan Zn^{2+} Pada Industri Galvanis".** Tugas Akhir II. Jurusan Kimia FMIPA UNNES. Pembimbing I: Drs. Nurwachid Budi S., M.Si. Pembimbing II: Drs. Eko Budi Susatyo, M.Si.

Kata Kunci : limbah padat industri tahu, *biosand filter*, Industri Galvanis

Industri pelapisan logam di Indonesia sekarang ini berkembang dengan pesat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan kebutuhannya pula. Salah satu industri yang berkembang pesat yaitu industri pelapisan logam dengan seng atau disebut industri galvanis. Proses galvanisasi dapat ditemukan hampir di setiap aplikasi dan industri penting berbahan besi atau baja. Proses produksi industri galvanis menghasilkan sisa produk atau limbah. Melalui observasi ke salah satu industri galvanis di Kota Semarang, ada empat macam limbah yang memiliki kadar logam tinggi yaitu Fe, Zn, Cd dan Pb. Dalam penelitian ini telah dilakukan pemanfaatan limbah padat industri tahu dan reaktor *biosand filter* untuk menurunkan kadar ion logam Fe^{3+} dan Zn^{2+}. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh waktu kontak interaksi bahan penyerap limbah tahu dan reaktor *biosand filter* untuk menurunkan kadar limbah cair industri galvanis tersebut. Limbah padat industri tahu dapat menurunkan kadar ion logam Fe^{3+} dan Zn^{2+} pada limbah industri galvanis. Semakin lama waktu interaksi antara preparasi bahan penyerap dengan air limbah galvanis memberikan persentase penurunan kadar ion logam Fe^{3+} dan Zn^{2+} cenderung meningkat. Persentase penurunan terbesar dalam waktu 120 menit yaitu 82,72% dan 89,56%. Sedangkan reaktor *biosand filter* yang memiliki komposisi kerikil : pasir kasar : pasir halus = 15 : 25 : 30 menghasilkan penurunan kadar ion Fe^{3+} dan Zn^{2+} terbesar yaitu 56,14% dan 66,40%. Dengan menggunakan reaktor *biosand filter* dan diinteraksikan dengan preparasi bahan penyerap limbah tahu dapat menurunkan kadar ion logam Fe^{3+} dan Zn^{2+}. Dengan persentase terbesar dihasilkan pada *biosand filter* komposisi kerikil : pasir kasar : pasir halus = 15 : 25 : 30 dan diikuti adsorpsi bahan penyerap sebesar 56,41% dan 72,92%

Abstract

Nugroho, Danang. 2013. "**Utilization of Industrial Solid Waste of Totu and Reactor Biosand Filters To Reducing Metal Ion Levels of Fe^{3+} and Zn^{2+} In Galvanized Industry**". Final Project II. Department of Chemistry. Faculty of Mathematics and Science. Semarang State University. First Advisor: Drs. Nurwachid Budi S., M.Si.. Second Advisor: Drs. Eko Budi Susatyo, M.Si.

Key words: industrial solid waste tofu, biosand filters, Industrial Galvanized

Metal coating industry in Indonesia is now growing rapidly due to increasing population and its needs as well. One industry that grew rapidly in the metal plating industry with zinc or the so-called industrial galvanized. Galvanizing process can be found in almost every application and industry made of iron or steel. Galvanized industrial production process produces waste products or waste. Through observation to one of the galvanizing industry in the Semarang Citity, there are four kinds of waste that has a high metal content, ie Fe, Zn, Cd and Pb. In this study has been carried out utilization of industrial solid waste of tofu and reactor biosand filters to reduce levels of metal ions Fe^{3+} and Zn^{2+}. This study aims to determine the effect of contact time interaction absorbent material industrial solid waste of tofu and reactor biosand filters to reduce levels of the galvanized industrial wastewater. Solid waste industry of tofu can reduce levels of metal ions Fe^{3+} and Zn^{2} on galvanized industrial waste. The longer the time between the preparation of absorbent material interaction with galvanized wastewater gives the percentage reduction in levels of metal ions Fe^{3+} and Zn^{2+} is likely to increase. Biggest percentage drop within 120 minutes ie 82.72% and 89.56%. While biosand filter reactor with gravel composition: coarse sand: fine sand = 15: 25: 30 result in decreased levels of Fe^{3+} and Zn^{2+} is 66.40% and 56.14%. By using biosand reactor and be interacted with absorbent material waste industry of tofu can reduce levels of waste out of metal ion Fe^{3+} and Zn^{2}. With the greatest percentage composition produced in biosand filter gravel: coarse sand: fine sand = 15: 25: 30 and absorbent material adsorption followed by 56.41% and 72.92%

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL i

PERSETUJUAN PEMBIMBING ii

HALAMAN PENGESAHAN iii

PERNYATAAN iv

MOTTO DAN PERSEMBAHAN v

KATA PENGANTAR vi

ABSTRAK viii

ABSTRACT ix

DAFTAR ISI x

DAFTAR TABEL xiii

DAFTAR GAMBAR xiv

DAFTAR LAMPIRAN xv

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 5
1.3 Tujuan Penelitian 5
1.4 Manfaat Penelitian 6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 7

2.1 Proses Galvanisasi 7
2.2 Air Limbah 12
2.3 Limbah Industri Galvanis 13
2.4 Logam Berat 16
2.4.1 Besi 18
2.4.1 Seng 20
2.5 Limbah Padat Industri Tahu 21
2.6 *Biosand Filter* 23
2.7 Lapisan Biofilm 25
2.8 Pasir 26

2.9 Pembersihan *Biosand Filter* 29

BAB III METODE PENELITIAN 31

3.1 Variabel Penelitian 31
3.1.1 Variabel Bebas 31
3.1.2 Variabel Terikat 31
3.1.3 Variabel Terkendali 31
3.2 Alat dan Bahan 32
3.2.1 Alat 32
3.2.2 Bahan 32
3.3 Cara Kerja 32
3.3.1 Persiapan Bahan 32
3.3.2 Penentuan Kondisi Optimum Penyerap Dan Biodegradasi *Biosand Filter* 34
3.3.3 Analisis Kadar Besi (Fe) Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) 35
3.3.4 Analisis Kadar Seng (Zn) Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) 35
3.4 Analisa Data 36

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 37

4.1 Hasil Penelitian 37
4.2 Pembahasan 39
4.2.1 Pengukuran Kandungan Ion Logam Fe^{3+} Dan Zn^{2+} Pada Air Limbah Industri Galvanis 39
4.2.2 Pengaruh Bahan Penyerap Limbah Tahu Untuk Menurunkan Kadar Ion Logam Fe^{3+} dan Zn^{2+} Pada Air Limbah Industri Galvanis 40
4.2.3 Pengaruh Ketinggian Media Pasir Pada *Biosand Filter* Untuk Menurunkan Kadar Ion Logam Fe^{3+} dan Zn^{2+} Pada Air Limbah Industri Galvanis 45
4.2.4 Pengaruh Perbedaan Ketinggian Media Pasir Pada *Biosand Filter* Dan Adsorpsi Bahan Penyerap Limbah Tahu Untuk Menurunkan Kadar Ion Fe^{3+} Dan Zn^{2+} 46
4.2.5 Perbandingan Kadar Ion Fe^{3+} dan Zn^{2+} Teradsorpsi 49

BAB V PENUTUP 52
5.1 Kesimpulan 52
5.2 Saran 53
DAFTAR PUSTAKA 54
LAMPIRAN 56

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

3.1 Ketinggian Media Biosand Filter 31

3.2 Parameter Pengukuran Untuk Logam Besi (Fe) 35

3.3 Parameter Pengukuran Untuk Logam Seng (Zn) 36

4.1 Data Hasil Pengukuran Awal Air Limbah Galvanis. 37

4.2 Data Hasil Pengukuran Kadar Ion Logam Fe^{3+} Pada Air Limbah Industri Galvanis Setelah Diinteraksikan Dengan Bahan Penyerap Limbah Tahu 38

4.3 Data Hasil Pengukuran Kadar Ion Logam Fe^{2+} Pada Air Limbah Industri Galvanis Setelah Diinteraksikan Dengan Bahan Penyerap Limbah Tahu 38

4.4 Hasil Pengujian Sampel Air Limbah Industri Galvanis Sesudah Melalui Reaktor *Biosand Filter*..... 38

4.5 Hasil Pengujian Sampel Air Limbah Industri Galvanis Sesudah Melalui Reaktor Biosand Filter Dan Diinteraksikan Dengan Bahan Penyerap Limbah Tahu 39

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

2.1 Skema pengelompokan bahan yang terkandung di dalam air limbah 13

2.2 Biosand Filter 24

4.1 Grafik hubungan waktu kontak bahan penyerap limbah tahu dengan kadar ion Fe^{3+} teradsorpsi..... 40

4.2 Grafik hubungan waktu kontak bahan penyerap limbah tahu dengan kadar ion Zn^{2+} teradsorpsi 41

4.3 Grafik hubungan ketinggian media pasir dengan kadar ion Fe^{3+} teradsorpsi..... 44

4.4 Grafik hubungan ketinggian media pasir dengan kadar ion Zn^{2+} teradsorpsi 45

4.5 Grafik hubungan ketinggian media pasir *biosand filter* diikuti interaksi dengan bahan penyerap dengan kadar ion Fe^{3+} teradsorpsi..... 47

4.6. Grafik hubungan ketinggian media pasir diikuti bahan penyerap dengan kadar ion Zn^{2+} teradsorpsi 48

4.7. Grafik Perbandingan Kadar Ion Logam Fe^{3+} Teradsorpsi Dengan Berbagai Macam Perlakuan..... 50

4.8. Grafik Perbandingan Kadar Ion Logam Zn^{2+} Teradsorpsi Dengan Berbagai Macam Perlakuan..... 50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Halaman

1. Pembuatan Reaktor *Biosand Filter* 56
2. Skema Kerja 57
3. Dokumentasi Penelitian..... 64
4. Perhitungan Persentase Penurunan Kadar ion logam Fe^{3+} 65
5. Perhitungan Persentase Penurunan Kadar ion logam Zn^{2+}..... 68
6. Hasil Analisa Uji Parameter Ion Logam Fe^{3+} dan Zn^{2+} 71

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan sumber kehidupan yang sangat penting bagi semua makhluk hidup karena berfungsi untuk proses kehidupan. Air merupakan sumber daya alam yang sangat melimpah dan dapat diperbaharui. Air mudah terkontaminasi oleh aktivitas manusia misal oleh pembuangan limbah industri. Menurut tujuan penggunaan, kriteria air berbeda-beda yaitu untuk diminum, untuk mencuci, untuk pembangkit tenaga listrik, untuk pendingin mesin dan sebagainya. (Darmono, 2001).

Air merupakan zat yang secara alami terdapat di permukaan bumi dalam tiga wujud yaitu padatan (es), cair, dan gas (uap air). Manfaat air bagi tubuh manusia untuk membantu proses pencernaan, mengatur proses metabolisme, mengangkut zat-zat makanan dan menjaga keseimbangan suhu tubuh. Banyak tempat di dunia yang mengalami permasalahan karena terbatasnya persediaan air bersih yang dapat digunakan untuk kehidupan manusia. Hal ini disebabkan tingginya tingkat konsumsi manusia terhadap air dan juga adanya bahan – bahan berbahaya yang tidak layak dikonsumsi missal logam berat (Fe, Zn, Cd, Hg) yang melebihi kadar yang diperbolehkan akibat adanya aktivitas rumah tangga maupun industri.

Limbah yang dihasilkan dari kegiatan industri ini bisa berbentuk padatan, cairan, dan gas. Limbah ini ada yang berbahaya dan beracun bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Sedangkan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) adalah sisa suatu usaha atau kegiatan industri yang mengandung bahan berbahaya dan beracun karena sifat, konsentrasinya dan jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan atau merusak lingkungan dan dapat membahayakan lingkungan, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya.

Salah satu upaya yang dilakukan agar dapat mengetahui tingkat pencemaran dan kerusakan badan air yaitu dengan pemantauan menggunakan beberapa parameter, diantaranya kebutuhan oksigen biokimia (*Biochemical Oxygen Demand* / BOD), kebutuhan oksigen kimia (*Chemical Oxygen Demand* / COD), Padatan terlarut dalam air (*Total Suspended Solid* / TSS) dan Daya hantar listrik (DHL), serta uji kandungan logam.

Logam dan mineral lainnya hampir selalu ditemukan dalam air tawar dan air laut walaupun jumlahnya sangat terbatas. Dalam kondisi normal, beberapa macam logam ringan maupun logam berat jumlahnya sangat sedikit dalam air. Hal ini sangat bergantung pada asal sumber air (air tanah dan air sungai). Di samping itu, jenis air juga mempengaruhi kandungan logam di dalamnya (air tawar, air payau dan air laut). (Darmono, 1995)

Logam berat adalah unsur logam dengan berat molekul tinggi. Dalam kadar rendah logam berat pada umumnya sudah beracun bagi tumbuhan, hewan,

dan manusia. Logam berat yang sering mencemari lingkungan perairan misal Hg, Zn, Cd, As, dan Pb (Notohadiprawiro, T. 1993). Logam berat dapat menimbulkan efek gangguan terhadap manusia. Efek toksik dari logam berat mampu menghalangi kerja enzim sehingga mengganggu metabolisme tubuh, menyebabkan alergi, bersifat mutagen, tetratogen atau karsinogen bagi manusia dan hewan. (Widowati, W, 2008)

Salah satu industri yang berkembang pesat yaitu industri pelapisan logam dengan seng atau sering disebut industri Galvanis. Proses galvanisasi dapat ditemukan hampir di setiap aplikasi dan industri penting berbahan besi atau baja, misal pada industri peralatan listrik dan air, pemrosesan kimia, bahan baku kertas, otomotif dan trasportasi. Mula-mula kegunaan galvanis yang utama untuk mencegah karat pada besi atau baja, saat ini tetap terus digunakan lebih dari 150 tahun, Proses produksi industri galvanis menghasilkan sisa produk atau limbah. Limbah industri galvanis dapat menimbulkan masalah karena adanya limbah logam Fe, Zn, Ni. Melalui observasi ke salah satu industri galvanis di Kota Semarang, ada empat macam limbah yang memiliki kadar logam tinggi yaitu Fe, Zn, Cd dan Pb,

Menurut Nohong (2010) limbah tahu dapat digunakan untuk mengikat ion atau logam yang ada dalam air karena limbah tahu masih memiliki sifat yang sama dengan tahu yang telah jadi meskipun telah hancur. Pemanfaatan limbah tahu ini sebagai penyerap (pengadsorpsi) karena tahu mengandung protein yang memiliki daya serapan dari asam-asam amino yang membentuk zwitter ion

(bermuatan dua). Protein yang memiliki sisi-sisi (gugus) aktif ini dapat mengikat ion-ion logam ataupun senyawa lainnya.

Herlina (2003) dalam Nohong (2010) telah berhasil melakukan penyerapan logam timbal (Pb) dalam larutan menggunakan limbah tahu yang menyatakan bahwa dalam setiap gram kering tahu (limbah) dapat mengabsorpsi maksimum 29,85 mg ion Pb. Husain Sosidi (2006) dalam Nohong (2010) juga telah berhasil menentukan pH optimalisasi dan waktu interaksi terhadap jumlah ion logam timbal yang terserap dengan penyerap limbah tahu. Hasil serapan optimum ion logam timbal pada pengadsorpsi limbah tahu dengan kondisi pH 6 dengan waktu kontak optimum pada 30 menit.

Biosand filter menggunakan konsep saringan pasir lambat yang khusus didesain untuk skala rumah tangga. Biosand filter merupakan alat pengolah air bersih yang sejak awal pengembangan pada tahun 1990 (oleh Profesor David Manz dari *University of Calgary*, Kanada). Kelebihan *Biosand filter* dibandingkan dengan jenis *slow sand filter* skala rumah tangga yaitu desain pada pipa outletnya mampu menjaga ketinggian air diatas media agar lapisan biofilm terhindar dari kekeringan dan tidak membutuhkan daya listrik karena dioperasikan secara intermitten.

Air yang diolah dilewatkan pada suatu media proses dengan kecepatan rendah. Kecepatan proses dipengaruhi oleh diameter butiran pasir dan pada media tersebut telah dilakukan penanaman bakteri (*seeding*) sehingga terjadi proses biologis didalamnya. Penanaman bakteri diatas permukaan lapisan pasir halus

sering disebut biolayer atau lapisan biofilm yang terdiri dari sel-sel mikroorganisme yang melekat erat ke suatu permukaan sehingga berada dalam keadaan diam, tidak mudah lepas atau berpindah.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dipecahkan dirumuskan lebih rinci sebagai berikut:

1. Berapa persentase penurunan kadar Fe^{3+} dan Zn^{2+} pada perlakuan menggunakan limbah padat industri tahu?
2. Berapa persentase penurunan kadar Fe^{3+} dan Zn^{2+} pada perlakuan menggunakan reaktor *biosand filter*,
3. Berapa persentase penurunan kadar Fe^{3+} dan Zn^{2+} pada perlakuan menggunakan limbah padat industri tahu dan reaktor *biosand filter*?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui persentase penurunan kadar Fe^{3+} dan Zn^{2+} pada perlakuan menggunakan limbah padat industri tahu.
2. Mengetahui persentase penurunan kadar Fe^{3+} dan Zn^{2+} pada perlakuan menggunakan reaktor *biosand filter*.
3. Mengetahui persentase penurunan kadar Fe^{3+} dan Zn^{2+} pada perlakuan menggunakan limbah padat industri tahu dan reaktor *biosand filter*?

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini.

1. Memberikan informasi tentang persentase penurunan kadar ion Fe^{2+} dan Zn^{2+} dengan memanfaatkan limbah padat industri tahu.
2. Memberikan informasi tentang persentase penurunan kadar ion Fe^{2+} dan Zn^{2+} dengan menggunakan reaktor *biosand filter*.
3. Memberikan informasi tentang persentase penurunan kadar ion Fe^{2+} dan Zn^{2+} dengan menggunakan limbah padat industri tahu dan reaktor *biosand filter*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Galvanisasi

Dalam kehidupan sehari-hari tidak pernah lepas menggunakan peralatan yang terbuat dari logam terutama besi. Hal ini dikarenakan kelimpahan besi di kulit bumi cukup besar, pengolahannya relatif mudah dan murah. Besi mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan dan mudah dimodifikasi, baik untuk kebutuhan rumah tangga maupun industri.

Dibalik kelebihannya, besi dan logam-logam lainnya juga memiliki suatu kelemahan yaitu mudah mengalami korosi. Korosi menimbulkan banyak kerugian karena merusak berbagai barang atau bangunan yang menggunakan besi. Sebenarnya korosi dapat dicegah dengan mengubah besi menjadi baja tahan karat (*stainless steel*), akan tetapi proses ini terlalu mahal untuk kebanyakan penggunaan besi. Cara lain untuk melindungi logam dari korosi yaitu dengan galvanisasi. Galvanisasi merupakan proses pelapisan logam induk dengan logam lain dengan tujuan agar logam induk mempunyai ketahanan korosi yang lebih baik. Galvanisasi umumnya menggunakan logam yang memiliki titik cair yang lebih rendah. Galvanisasi bersama dengan *electroplating, cladding, thermal, spray, aluminizing,* dan *sheradizing* yaitu metode-metode untuk melapiskan logam pada permukaan substrat (*metallic coating*)

Proses galvanisasi ini dapat ditemukan hampir di setiap aplikasi dan industri penting dengan bahan besi atau baja. Pada awalnya kegunaan galvanisasi yang utama untuk mencegah karat pada besi atau baja dalam jangka waktu yang lama. Galvanisasi baja biasanya digunakan seng atau aluminum. Pada proses galvanisasi celup panas baja dengan seng, awalnya baja dicelupkan dalam seng cair (450 - 475°C). Pencelupan ini menyebabkan logam seng menempel pada logam induk (baja). Pembentukan *intermetallic* Fe dengan Zn dapat meningkatkan kekuatan lekat lapisan ini. Selain itu parameter lain yang menentukan pelekatan yaitu tingkat kebersihan permukaan, temperatur, waktu, dan komposisi kimia logam induk dan pelapis. Umur pakai tergantung pada lingkungan dan ketebalan lapisan.

Galvanisasi celup panas mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihan misal memiliki umur panjang, tidak memerlukan topcoat untuk lingkungan pH 5-10, dapat memproteksi bentuk struktur yang komplek dan rumit, serta sekali celup dapat melapisi permukaan luar dan dalam secara bersamaan. Kekurangan misal besar struktur yang dilapisi dibatasi dengan ukuran penampung, tidak baik untuk struktur yang selalu terendam serta tidak cocok struktur yang diaplikasikan untuk lingkungan pH <5 dan >10. Kalau akan dilakukan pelapisan pada lapisan atas, permukaan yang berpori harus ditutupi dengan *sealer*. Urutan prosesnya :

1. Persiapan

Untuk mendapatkan gaya pelekatan yang baik, permukaan substrat harus bersih dari kontaminan misal terak las, *mill scale*, cat, oli, debu dan lemak. Oli, debu dan lemak dihilangkan dengan larutan pembersih, yaitu dengan mencelupkan ke dalam pelarut panas yang bersifat korosif. Karat, *mill scale* dan kontaminan organik dihilangkan dengan larutan asam pada bak *pickling*. Secara umum terdiri dari tiga tahap yaitu :

1.1 *Pickling*

Proses *pickling* merupakan proses penghilangan karat pada logam yang akan dilapisi. Caranya dengan mencelupkan logam yang akan dilapisi ke dalam larutan asam kuat (HCl). Bak *pickling* terdiri dari empat bak yang masing-masing berisi larutan HCl dengan kadar yang berbeda. Pemakaian tiap bak tersebut didasarkan atas tingkat karat logam. Apabila karat yang menempel pada logam relatif banyak dapat menggunakan bak yang kadar HCl lebih besar, begitu pula sebaliknya. Apabila karat yang menempel pada logam relatif sedikit dapat menggunakan bak yang kadar HCl lebih kecil. Jadi, tiap logam hanya perlu melalui satu bak saja. Reaksi yang terjadi pada proses *pickling* sebagai berikut :

$$Fe_2O_{3(s)} + 6\ HCl_{(aq)} \longrightarrow 2\ FeCl_{3(aq)} + 3H_2O_{(aq)}$$

Cairan HCl yang digunakan dalam proses ini (kadar 17%) mempunyai keasaman yang tinggi, setelah mengalami pencelupan yang berulang

keasamannya turun. Bila kadar HCl telah turun dan mencapai kadar 2-3% maka larutan HCl dilakukan *threatment*. Endapan lumpur yang terjadi berupa $FeCl_2$ hasil pencampuran HCl dengan karat besi (Fe_2O_3).

1.2 *Rinsing*

Proses *rinsing* merupakan proses pencucian logam yang telah melewati bak *pickling* menggunakan air bersih. Tujuannya untuk menghilangkan sisa asam dan kotoran yang masih tertinggal pada permukaan logam. Bak rinsing terdiri dari dua bagian yang isinya sama yaitu air bersih. Tiap logam yang telah melewati bak *pickling* harus melewati kedua bagian pada bak *rinsing* untuk memastikan sisa asam dan kotoran yang menempel benar-benar hilang. Air yang digunakan lama kelamaan pekat karena terkontaminasi cairan HCl pada proses *pickling*. Air ini mengandung $FeCl_2$ yang kemudian dialirkan pada unit IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah). Selanjutnya untuk mengendapkan limbah pada proses *rinsing* ditambahkan kapur atau $Ca(OH)_2$.

1.3 *Fluxing*

Proses *fluxing* merupakan proses pencelupan logam pada bak yang berisi larutan ZAC (*Zinc Amonium Chloride*). Tujuannya untuk membentuk lapisan pelindung awal pada logam sehingga mampu mencegah oksidasi awal sebelum dilakukan proses *dipping*. Reaksi yang terjadi pada pembuatan larutan *flux* sebagai berikut :

$$4NH_4Cl + ZnCl_2 \rightarrow Zn(NH_3)_4Cl_2 + 4HCl$$

Cairan *flux* yang lama digunakan terkontaminasi oleh logam Fe. Bila kandungan Fe dalam *flux* sudah tinggi, harus dilakukan *threatment flux*. Batas ijin kandungan Fe dalam *flux* 5 mg/liter.

(*American Galvanizers Association*. 2000).

4. Proses *drying*

Proses *drying* merupakan proses pengeringan logam sehingga kadar air pada logam yang masih tersisa dari proses *fluxing* hilang. Pengeringan dapat dilakukan dengan memanaskan logam di atas tungku sampai kering.

3, Proses *dipping*

Proses *dipping* merupakan proses pelapisan logam dengan menggunakan seng yang sudah dilebur. Pada proses ini ditambahkan juga paduan seng dan aluminium dalam jumlah sedikit untuk memperkilau hasil pelapisan. Suhu yang digunakan dalam proses ini berkisar antara 455°C – 465°C.

4. Proses *quenching*.

Proses *quenching* merupakan proses pendinginan logam dari bak *dipping* dengan menggunakan air bersih. Selain untuk mendinginkan proses ini juga untuk membersihkan abu seng yang masih melekat.

5. Proses *finishing*

Proses *finishing* merupakan proses penggrendaan logam yang sudah dilapisi seng. Tujuannya agar produk yang dihasilkan memiliki penampilan yang bagus dan menarik. (Darmawati, 2009)

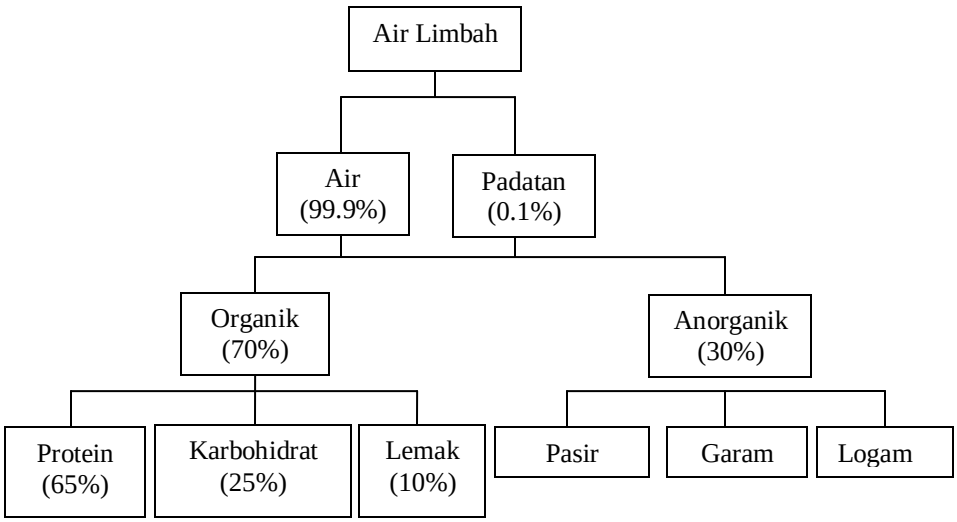
2.2 Air Limbah

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga). Tempat masyarakat bermukim, terdapat berbagai jenis limbah dihasilkan, misal sampah, air WC, dan air buangan dari berbagai aktivitas domestik lain (*grey water*).

Air limbah dapat juga diartikan sebagai suatu kejadian masuknya atau dimasukannya benda padat, cair dan gas kedalam air dengan sifat yang dapat berupa endapan atau padatan, padatan tersuspensi, terlarut atau koloid, emulsi yang menyebabkan air tersebut harus dipisahkan atau dibuang (Tjokrokusumo, 1998).

Air limbah yang tidak mengalami pengolahan terlebih dahulu, terakumulasi dan terjadi dekomposisi bahan organik menghasilkan bau tidak sedap dan mengandung bakteri patogen penyebab penyakit pada manusia dan hewan.

Menurut Mara (1976) dalam Kusuma (2012), air limbah banyak mengandung nutrien yang dapat merangsang pertumbuhan mikroorganisme dengan komposisi air limbah pada umumnya 99.9% air dan 0.1% padatan. Padatan yang terdapat pada limbah cair terdiri dari 70% padatan organik dan 30% padatan anorganik. Padatan organik dari limbah cair dapat berupa protein (65%), karbohidrat (25%) dan lemak (10%) sedangkan padatan anorganik berupa butiran-butiran garam dan logam



Gambar 2.1. Skema pengelompokan bahan yang terkandung di dalam air limbah (Kusuma. G. 2012)

2.3 Limbah Industri Galvanis

Secara umum yang disebut limbah adalah bahan sisa yang dihasilkan dari suatu kegiatan dan proses produksi, baik pada skala rumah tangga, industri, pertambangan, dan sebagainya. Bentuk limbah tersebut dapat berupa gas, debu, cair dan padat. Di antara jenis limbah ini ada yang bersifat beracun atau berbahaya yang dikenal sebagai limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (Limbah B3).

Suatu limbah digolongkan sebagai limbah B3 bila mengandung bahan berbahaya atau beracun karena sifat dan konsentrasinya, baik langsung maupun tidak langsung, dapat merusak atau mencemarkan lingkungan atau membahayakan kesehatan manusia. Yang termasuk limbah B3 antara lain bahan berbahaya dan beracun yang tidak digunakan lagi karena rusak, sisa

kemasan, tumpahan, sisa proses, dan oli bekas kapal yang memerlukan penanganan dan pengolahan khusus. Bahan-bahan ini termasuk limbah B3 bila memiliki salah satu atau lebih karakteristik berikut: mudah meledak, mudah terbakar, bersifat reaktif, beracun, menyebabkan infeksi, bersifat korosif, dan lain-lain, yang bila diuji dengan toksikologi dapat diketahui termasuk limbah B3. Macam Limbah Beracun

1. Limbah mudah meledak adalah limbah yang melalui reaksi kimia dapat menghasilkan gas dengan suhu dan tekanan tinggi yang dengan cepat dapat merusak lingkungan.
2. Limbah mudah terbakar adalah limbah yang bila berdekatan dengan api, percikan api, gesekan atau sumber nyala lain mudah menyala atau terbakar dan bila telah menyala terus terbakar hebat dalam waktu lama.
3. Limbah reaktif adalah limbah yang menyebabkan kebakaran karena melepaskan atau menerima oksigen atau limbah organik peroksida yang tidak stabil dalam suhu tinggi.
4. Limbah beracun adalah limbah yang mengandung racun berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Limbah B3 dapat menimbulkan kematian atau sakit bila masuk ke dalam tubuh melalui pernapasan, kulit atau mulut.
5. Limbah penyebab infeksi adalah limbah yang mengandung kuman penyakit, misal limbah pencucian bagian tubuh manusia yang diamputasi dan cairan tubuh manusia yang terkena infeksi.
6. Limbah yang bersifat korosif adalah limbah yang menyebabkan iritasi pada

kulit atau mengkorosikan baja, yaitu memiliki pH sama atau kurang dari 2,0 untuk limbah yang bersifat asam dan lebih besar dari 12,5 untuk yang bersifat basa. (Kusuma. G. 2012)

Limbah galvanis sendiri terbagi dalam tiga jenis, semuanya mengandung logam Fe yang tinggi. Limbah jenis pertama terjadi pada proses *pickling*. Cairan HCl yang digunakan dalam proses ini (kadar 17%) mempunyai keasaman yang tinggi, setelah mengalami pencelupan yang berulang keasamannya turun. Bila kadar HCl telah turun dan mencapai kadar 2-3% maka larutan HCl dilakukan *threatment*. Endapan lumpur yang terjadi berupa $FeCl_2$ hasil pencampuran HCl dengan karat besi (Fe_2O_3).

Limbah jenis kedua dihasilkan dari proses *rinsing* kedua, air yang digunakan lama kelamaan pekat karena terkontaminasi cairan HCl pada proses *pickling*. Air ini mengandung $FeCl_2$ yang kemudian dialirkan pada unit IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah). Selanjutnya untuk mengendapkan limbah, pada IPAL ditambahkan kapur atau $Ca(OH)_2$. Reaksi yang terjadi :

$$FeCl_{2(aq)} + Ca(OH)_{2(s)} \longrightarrow Fe(OH)_{2(s)} + CaCl_{2(aq)}$$

Limbah jenis ketiga berasal dari proses *fluxing*. Cairan *flux* yang lama digunakan terkontaminasi oleh logam Fe. Bila kandungan Fe dalam *flux* sudah tinggi, harus dilakukan *threatment flux*. *Threatment* dilakukan dengan menambahkan cairan H_2O_2. Persamaan reaksi yang terjadi :

$$ZnCl_{2(aq)} + NH_4Cl_{(aq)} + Fe^{2+}_{(aq)} + H_2O_{2(l)} \longrightarrow ZnCl_{2(aq)} + NH_4Cl_{(aq)} + Fe_{(s)}.$$

Pengelolaan Limbah B3 merupakan rangkaian kegiatan yang mencakup reduksi, penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan, dan penimbunan limbah B3. Pengelolaan Limbah B3 ini bertujuan untuk mencegah, menanggulangi pencemaran dan kerusakan lingkungan, memulihkan kualitas lingkungan tercemar, dan meningkatkan kemampuan dan fungsi kualitas lingkungan. (Tim Teknis Pembangunan Sanitasi: BAPPENAS, Departemen Pekerjaan Umum, Departemen Dalam Negeri, Departemen Kesehatan, Departemen Perindustrian, Departemen Keuangan, dan Kementrian Negara Lingkungan Hidup. 2008)

2.4 Logam Berat

Logam berat adalah unsur logam dengan berat molekul tinggi. Memiliki densitas lebih besar dari 5g/cm^3, terletak disudut kanan bawah pada sistem periodik unsur, mempunyai afinitas tinggi terhadap *s* dan biasanya bernomor atom 22 sampai 92, dari periode 4 sampai 7. Logam berat berupa unsur alami dari kerak bumi. Logam yang stabil dan tidak bisa rusak atau hancur, oleh karena itu mereka cenderung menumpuk dalam tanah dan sedimen.

Banyak istilah logam berat telah diajukan, berdasarkan kepadatan, nomor atom, berat atom, sifat kimia atau racun. Logam berat yang dipantau meliputi: Antimony (Sb), Arsenik (As), Cadmium (Cd), Cobalt (Co), Chromium (Cr), Copper (Cu), Nickel (Ni), Lead (Pb), Mangan(Mn),

Molybdenum (Mo), Scandium (Sc), Selenium (Se), Titanium (Ti), Tungsten (W), Vanadium (V), Zinc (Zn). Besi (Fe), Nikel (Ni), Stronsium (Sr), Timah (Sn), Tungsten (W), Vanadium (V),

Dalam kadar rendah logam berat pada umumnya sudah beracun bagi tumbuhan, hewan, dan manusia. Logam berat yang sering mencemari lingkungan perairan: Hg, Zn, Cd, As, dan Pb (Notohadiprawiro, T. 1993). Logam berat dapat menimbulkan efek gangguan terhadap manusia tergantung pada bagian dari logam tersebut yang terikat dalam tubuh, dan besarnya dosis paparan.

Efek toksik dari logam berat mampu menghalangi kerja enzim sehingga mengganggu metabolisme tubuh, menyebabkan alergi, bersifat mutagen, tetratogen atau karsinogen bagi manusia dan hewan. (Widowati, W, 2008). Namun sebagian dari logam berat tersebut memang dibutuhkan oleh tubuh makhluk hidup dalam jumlah tertentu (sedikit), yang juga apabila tidak terpenuhi akan berakibat fatal terhadap kelangsungan hidup dari makhluk hidup tersebut.

Pencemaran logam berat meningkat sejalan dengan perkembangan industri. Pencemaran logam berat di lingkungan dikarenakan tingkat keracunannya yang sangat tinggi dalam seluruh aspek kehidupan makhluk hidup. Pada konsentrasi yang sedemikian rendah saja efek ion logam berat dapat berpengaruh langsung hingga terakumulasi pada rantai makanan.

Logam berat dapat mengganggu kehidupan biota dalam lingkungan dan akhirnya berpengaruh terhadap kesehatan manusia.

2.4.1. Besi

Besi dengan nomor atom 26 dan massa atom 55,85, dalam Sistem Periodik Unsur Fe terletak pada periode 4 golongan VIII B. Besi melebur pada suhu 1535 °C, titik didih 3000 °C, dan mempunyai densitas 7,87 g/cm^3. Besi murni merupakan logam berwarna putih keperakan, kokoh dan liat. Jarang terdapat besi komersial yang murni, biasanya besi mengandung sejumlah kecil karbida, fosfida, dan sulfida dari besi, serta sedikit grafit. Zat-zat pencemar ini memegang peranan penting dalam kekuatan struktur besi. (Vogel 1990)

Besi (Fe) merupakan logam yang dihasilkan dari bijih besi. Besi merupakan salah satu elemen kimia yang dapat ditemui pada hampir setiap tempat di bumi, pada semua lapisan geologis dan semua badan air, besi yang ada didalam air dapat berupa larutan Fe^{2+} (fero) atau Fe^{3+} (feri). Tersuspensi sebagai butir koloidal (diameter 1µm) atau lebih besar misal Fe_2O_3, FeO, Fe $(OH)_3$ dan sebagainya. Tergabung dengan zat organik atau zat anorganik padat seperti tanah liat.

Proses biokimia dalam tubuh makhluk hidup selalu melibatkan unsur-unsur logam didalamnya. Pada suatu proses fisiologi yang normal, ion logam essensial sangat berperan aktifitasnya baik dalam ikatannya dengan protein, enzim maupun bentuk lain. Manusia yang sehat dalam jaringan

tubuhnya selalu ditemukan ion logam yang normal. Sedang ion logam yang ditemukan terlalu rendah pada jaringan tertentu, misal darah (Fe), hati (Cu), dapat digunakan untuk mendiagnosa adanya kelainan pada orang yang bersangkutan yang kemungkinan menderita defisiensi atau penyakit lainnya.

Diperkirakan untuk setiap pria dewasa harus memperoleh sekitar 1 mg/hari untuk mengganti Fe yang diekskresikan melalui saluran pencernaan, urine dan kulit. Pada wanita dewasa, darah yang hilang pada saat menstruasi perlu diganti dengan 1,4 – 2,2 mg Fe/hari. Pada umumnya manusia memperoleh 10 %. Fe dari makanan yang diabsorbsi melalui saluran pencernaan, sehingga mereka memperoleh sekitar 10 - 20 mg Fe/hari. Sekalipun Fe diperlukan oleh tubuh, tetapi dalam dosis besar dapat merusak dinding usus. Kematian seringkali disebabkan oleh rusaknya dinding usus ini. Debu Fe juga dapat diakumulasi didalam alvzoli paru-paru.

Pada air permukaan jarang dijumpai kadar Fe yang lebih besar dari 1 mg/l, tetapi didalam air tanah kadar Fe dapat jauh lebih tinggi. Air yang tidak mengandung oksigen (O_2) misal air tanah, besi berupa larutan ion Fe^{2}, sedangkan pada air sungai yang mengalir terjadi aerasi, Fe^{2+} teroksidasi menjadi Fe^{3+}. Fe^{3+} ini sulit larut pada pH = 6 sampai 8, bahkan dapat menjadi ferihidroksida ($Fe(OH)_3$) atau salah satu jenis oksida yang merupakan zat padat dan dapat mengendap. Demikian halnya didalam

sungai,besi berada sebagai Fe^{2+}, Fe^{3+} terlarut dan Fe^{3+} dalam bentuk senyawa organik berupa kolodial. Sumber limbah besi yang masuk kedalam lingkungan perairan berasal dari buangan industri, limbah pertambangan, pengelasan logam, pipa-pipa air.

Air yang tinggi kandungan besi (Fe), apabila bersentuhan dengan udara menjadi keruh, berbau dan tidak sehat untuk dikonsumsi. Selain penampilan yang tidak sehat, air yang tinggi kandungan besi mempunyai rasa tidak enak. Berdasarkan alasan ini ditetapkan bahwa air untuk kebutuhan rumah tangga tidak boleh mengandung lebih dari 0,3 mg/l besi (Fe). (Kacaribu, K.)

2.4.2. Seng

Seng atau zinkum adalah logam dengan nomor atom 30 dan massa atom 65,38 dalam Sistem Periodik Unsur Zn terletak pada periode 4 dan golongan IIB. Seng merupakan logam yang berwarna putih kebiruan, logam yang mudah ditempa dan liat pada suhu antara 110-150 °C. Di atas 210 °C, logam ini kembali menjadi rapuh dan dapat dihancurkan menjadi bubuk dengan memukul-mukulnya. Seng juga mampu menghantarkan listrik. Dibandingkan dengan logam-logam lainnya, seng memiliki titik lebur dan tidik didih yang relatif rendah serta merupakan yang terendah di antara semua logam-logam transisi selain Raksa dan Kadmium. Seng melebur pada suhu 410 °C dan mendidih pada 906 °C. Logam yang murni, melarut lambat sekali dalam asam dan dalam alkali. (Vogel,1990)

Sifat kimiawi seng mirip dengan logam-logam transisi periode pertama seperti nikel dan tembaga. Ia bersifat diamagnetik dan hampir tidak berwarna. Jari-jari ion seng dan magnesium juga hampir identik. Oleh karenanya, garam kedua senyawa ini memiliki struktur kristal yang sama. Pada kasus untuk jari-jari ion merupakan faktor penentu, sifat-sifat kimiawi keduanya sangat mirip. Seng cenderung membentuk ikatan kovalen berderajat tinggi. Ia juga membentuk senyawa kompleks dengan pendonor N^- dan S^-. Senyawa kompleks Seng kebanyakan berkoordinasi 4 ataupun 6 walaupun koordinasi 5 juga diketahui ada. (Holleman, Arnold F. 1985)

Seng masuk ketatanan lingkungan perairan melalui limbah industri, pengelasan logam, patri. Seng merupakan unsur penting dalam banyak metaloenzim dan obat luka. Tubuh yang normal membutuhkan 12 - 15 miligram Zinkum setiap hari. Kebanyakan orang mendapatkan zat tersebut secara alami melalui makanan atau minuman yang dikonsumsi. Namun jika *Zinkum* yang masuk ke dalam tubuh berlebihan maka dapat mengakibatkan keracunan *Zinkum*. Usus tertekan, muntah, kram perut, diare dan mual berkepanjangan. Gejala tersebut jika tidak segera ditangani dapat menyebabkan sakit kuning, kejang, demam, dan tekanan darah rendah bahkan kematian. Keracunan Zinkum sering dijumpai bersamaan dengan keracunan kadmium secara kronis. (Darmono, 1995)

2.5 Limbah Padat Industri Tahu

Tahu merupakan suatu hasil olahan kedelai yang telah lama dikenal dan suatu jenis makanan yang disukai oleh sebagian besar masyarakat Indonesia serta sudah digunakan secara luas. Komponen tahu yaitu air, protein dan sedikit karbohidrat. Tahu memiliki kadar protein yang cukup tinggi sehingga sangat dibutuhkan oleh manusia. Industri tahu di Indonesia berkembang pesat sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk. Namun disisi lain industri ini menghasilkan limbah yang berpotensi mencemari lingkungan. Limbah yang dihasilkan dari industri pengolahan tahu berupa limbah padat dan limbah cair.

Menurut Nurhasan dkk. (1991) dalam Nohong (2010) limbah industri tahu dihasilkan dari sisa pengolahan kedelai yang tidak terbentuk menjadi tahu. Limbah ini terjadi karena adanya sisa air tahu yang tidak menggumpal, potongan tahu yang hancur karena proses penggumpalan yang tidak sempurna serta cairan keruh kekuningan yang dapat menimbulkan bau tidak sedap bila dibiarkan

Menurut Nohong (2010) limbah tahu yang berasal dari buangan industri tahu masih memiliki sifat yang sama dengan tahu yang telah jadi meskipun telah hancur. Tahu maupun limbah tahu dapat menyerap logam berat karena memiliki kandungan protein tinggi. Protein merupakan senyawa poliamida yang tersusun dari gabungan antara suatu gugus α-amino dari satu asam amino dan gugus karboksil dari asam amino lainnya yang disebut ikatan peptida.

Asam amino ini memiliki suatu sifat yang khas yaitu mengandung suatu gugus amino yang bersifat basa dan gugus karboksil yang bersifat asam dalam suatu molekul yang sama. Suatu asam amino mengalami reaksi asam-basa internal yang membentuk ion dipolar, yang juga disebut *zwitter ion*.(Fessenden. 1982)

Pemanfaatan limbah tahu sebagai penyerap karena tahu mengandung protein yang memiliki daya serap yang membentuk zwitter ion (bermuatan dua). Logam-logam berbahaya seperti kadmium, timbal, merkuri dan arsen bersifat toksik dapat diikat dengan protein sebagai metalotionein (Darmono,1995).

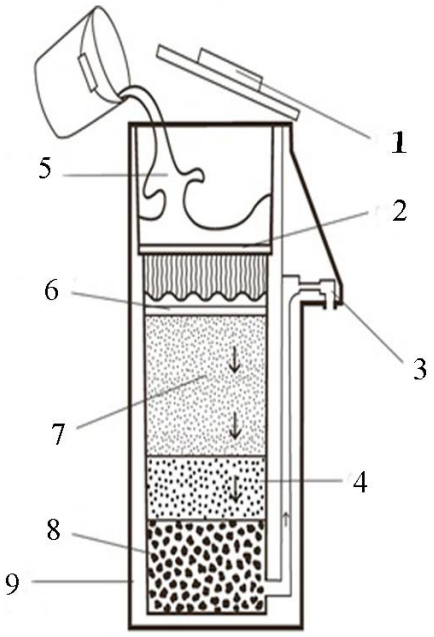
2.6 Biosand Filter

Biosand filter merupakan suatu proses penyaringan atau penjernihan air yaitu air yang akan diolah dilewatkan pada suatu media proses dengan kecepatan rendah yang dipengaruhi oleh diameter butiran pasir dan pada media tersebut telah diberi bakteri sehingga terjadi proses biologis. *Biosand Filter* (BSF) sangat mirip dengan *Slow Sand Filter* (SSF) dalam arti bahwa mayoritas dari filtrasi dan kepindahan kekeruhan terjadi ada di puncak lapisan pasir dalam kaitan dengan ukuran pori-pori yang menurun, disebabkan oleh deposisi partikel butir. (Kusuma. G. 2012)

Keuntungan teknologi ini selain murah, membutuhkan sedikit pemeliharaan dan beroperasi secara grafitasi. Kelebihan *biosand filter*

dibandingkan dengan jenis *slow sand* filter skala rumah tangga yaitu desain pada pipa *outlet* yang mampu menjaga ketinggian air diatas media agar lapisan biofilm yang ada terhindar dari kekeringan dan tidak membutuhkan daya listrik karena dioperasikan secara *intermitten*.

Faktor yang berperan penting dalam *biosand filter* yaitu ukuran butiran pasir dan kedalaman pasir. Keduanya memiliki efek penting dalam kualitas air secara fisik. Kebanyakan literatur merekomendasikan bahwa ukuran pasir yang efektif digunakan untuk saringan pasir lambat sekitar 0.15-0,35 mm dan keseragaman koefisien sekitar 1.5-3 mm (Sukawati, 2008)



Keterangan gambar :

1. Penutup
2. Lapisan difusi untuk memperlambat aliran air
3. Kran air tempat keluarnya air bersih
4. Lapisan pasir kasar
5. Air limbah masuk
6. Lapisan biofilm
7. Pasir Halus
8. Kerikil
9. Pembungkus atau *cover biosand filter*

(Sumber : Kusuma, G. 2010)

Gambar 2.2. *Biosand Filter*

2.7 Lapisan Biofilm

Lapisan biofilm terdiri dari sel-sel mikroorganisme yang melekat erat ke suatu permukaan sehingga berada dalam keadaan diam, tidak mudah lepas atau berpindah tempat (*irreversible*). Biasanya lapisan biofilm ini digunakan untuk menandakan zona aktivitas biologi yang umumnya terjadi didalam pasir. Bagaimanapun, zona ini berbeda. Dalam kaitan dengan fungsi gandanya yang meliputi penyaringan mekanis, kedalam biofilm bisa dikatakan dapat berhubungan dengan zona penetrasi dari partikel-partikel padatan yang ukurannya antara 0.5-2 cm dari bed suatu *biosand filter*.

Biofilm terbentuk karena adanya interaksi bakteri dengan permukaan yang ditempeli. Interaksi ini terjadi dengan adanya faktor-faktor yang meliputi kelembapan permukaan, makanan yang tersedia, pembentukan matrik ekstraselluler (*exopolimer*) yang terdiri dari polisakarida, faktor-faktor fisika kimia misal interaksi muatan permukaan dan bakteri, ikatan ion, ikatan Van Der Waals, pH dan tegangan permukaan serta pengkondisian permukaan.

Mikroorganisme digunakan untuk mengoksidasi (merubah) bahan organik terlarut dan partikel karbon menjadi produk akhir yang sederhana dan biomassa tambahan, seperti yang ditampilkan dalam persamaan berikut :

$$\text{Material Organik} + O_2 + NH_3 + PO_4^{3-} \xrightarrow{\text{mikroorganisme}} \text{sel baru} + CO_2 + H_2O$$

Oksigen, amonia dan fosfat pada persamaan diatas digunakan untuk mengetahui nutrient yang dibutuhkan untuk mengubah bahan organik menjadi produk akhir yang sederhana (yaitu CO_2 dan H_2O). tanda panah pada

persamaan diatas menunjukkan mikroorganisme dibutuhkan untuk melakukan proses oksidasi. Istilah “sel baru” digunakan untuk menggambarkan biomassa yang diproduksi sebagai hasil dari proses oksidasi bahan organik.

Biosand filter membutuhkan satu hingga tiga minggu untuk membentuk lapisan biofilm. Periode ini memungkinkan pertumbuhan yang cukup dari lapisan biologis dalam lapisan pasir (Hegazi, 2004). Sedangkan periode pematangan terjadi pada saat biosand filter terpasang pertama kali, atau ketika lapisan biofilm rusak (selama pembersihan penyaringan), waktu yang dibutuhkan oleh biofilm untuk tumbuh menjadi matang. Periode pematangan dapat diperpendek beberapa minggu, tergantung dari temperatur air dan mekanisme kimia. Sebagai contoh konsentrasi tinggi dari senyawa organik dalam air dapat memacu pematangan biofilm. (Ngai, T & Sophie, 2003).

2.8 Pasir

Ada berbagai macam cara untuk menjernihkan air. Namun, yang paling banyak dikenal yaitu teknik penyaringan, pengendapan, dan penyerapan. Bahan yang dipakai untuk ketiga teknik tersebut juga beraneka ragam. Pasir, ijuk, arang batok, kerikil, tawas, bubuk kapur, kaporit, dan bahkan batu biasa dimanfaatkan secara efektif untuk menjernihkan air kotor.

Pasir adalah media filter yang paling umum dipakai dalam proses penjernihan air, karena pasir dinilai ekonomis, tetapi tidak semua pasir dapat dipakai sebagai media filter. Artinya diperlukan pemilihan jenis pasir, sehingga

diperoleh pasir yang sesuai dengan syarat-syarat media pasir. Dalam memilih jenis pasir sebagai media filter hal-hal yang diperhatikan :

1. Susunan Kimia Pasir

   Pada umumnya pasir mempunyai senyawa kimia antara lain : SiO_2, Na_2O, CaO, MgO, Fe_2O_3, dan Al_2O_3. Senyawa yang terpenting dalam pasir sebagai media filter yaitu kandungan SiO_2 yang tinggi, karena SiO_2 yang tinggi memberikan kekerasan pasir semakin tinggi pula. Proses terpenting dalam filter yang berhubungan dengan kekerasan pasir yaitu pencucian pasir.

2. Karakteristik Fisik Pasir

   Karakteristik fisik pasir yang perlu diperhatikan untuk media filter antara lain :

   2.1 Bentuk Pasir

   Umumnya dalam satu jenis pasir ditemukan lebih dari satu bentuk butiran pasir. Pasir dengan bentuk bundar memberikan kelolosan lebih tinggi dari pada pasir bentuk lain.

   2.2 Ukuran Butiran Pasir

   Butiran pasir berukuran kasar dengan diameter > 2 mm memberikan kelolosan yang besar, sedangkan pasir berukuran halus dengan diameter 0.15-0.45 mm memberikan kelolosan yang rendah. Faktor yang penting dalam memilih ukuran butiran pasir sebagai media saring yaitu effective size (ES)

2.3 Kemurnian Pasir

Pasir yang digunakan sebagai media saringan harus benar-benar bebas dari kotoran, misal lempung. Pasir dengan kandungan lempung yang tinggi jika digunakan sebagai media filter berpengaruh pada kualitas filtrasi yang dihasilkan.

2.4 Kekerasan Pasir

Kekerasan pasir dihubungkan dengan kehancuran pasir selama pemakaian sebagai media filter. Kekerasan berhubungan erat dengan kandungan SiO_2. Kandungan SiO_2 tinggi, memberikan kekerasan yang tinggi pula.

3. Jenis Operasi Saringan Pasir

Operasi filtrasi pada alat filter media butiran bertujuan untuk menyisihkan padatan tersuspensi dari dalam air, padatan tersuspensi tersebut paling besar memberikan sifat kekeruhan yang dimiliki air. Pada umumnya operasi unit filter media butiran di bagi menjadi tiga jenis yaitu :

3.1 Filter Pasir Lambat (*Slow Sand Filter*)

3.2 Filter Pasir Cepat (*Rapid Sand Filter*)

3.3 Filter Bertekanan

4. Mekanisme Filtrasi

Proses filtrasi merupakan kombinasi dari beberapa fenomena yang berbeda, yang paling penting :

4.1 *Mechanical Straining*, yaitu proses penyaringan partikel yang terlalu besar untuk bisa lolos melalui lubang antara butiran pasir, yang berlangsung diseluruh permukaan saringan pasir dan sama sekali tidak bergantung pada kecepatan penyaringan.

4.2 Sedimentasi, mengendapkan partikel yang lebih halus ukurannya dari lubang pori pada permukaan butiran. Proses pengendapan terjadi pada seluruh permukaan pasir.

4.3 Adsorpsi adalah proses yang paling penting dalam proses filtrasi. Proses adsorpsi dalam saringan pasir lambat terjadi akibat tumbukan antara partikel-partikel tersuspensi dengan butiran pasir saringan dan dengan bahan pelapis misal gelatin yang pekat terbentuk pada butiran pasir oleh endapan bakteri dan partikel koloid. Proses ini yang lebih penting terjadi sebagai hasil daya tarik elektrostatis, yaitu antara partikel-partikel yang mempunyai muatan listrik berlawanan.

4.4 Aktivitas kimia, beberapa reaksi kimia terjadi dengan adanya oksigen maupun bikarbonat.

4.5 Aktifitas biologis yang disebabkan oleh mikroorganisme yang hidup dalam filter.

2.9 Pembersihan *Biosand Filter*

Pasir didalam *biosand filter* membutuhkan pembersihan periodik. Umumnya karena lapisan biofilm dalam *biosand filter* terus terakumulasi

hingga tekanan aliran hilang karena lapisan biofilm menjadi berlebihan. Lapisan biofilm dalam *biosand filter* dan saringan pasir lambat biasanya dibersihkan setiap 1 hingga 3 bulan tergantung pada level kekeruhan. Tetapi, selama kekeruhan begitu tinggi, pasir membutuhkan pembersihan setiap 2 minggu atau bahkan sesering mungkin. Selain kekeruhan, jumlah pembersihan tergantung pada distribusi partikel, kualitas air yang masuk dan temperatur air.

Pembersihan *biosand filter* jauh lebih sederhana dibandingkan dengan filter yang lain, yaitu *biosand filter* tidak perlu dikeringkan. Saat tingkat filtrasi menurun drastis, waktu *retensi hidrolik* meningkat, yang menunjukan *biosand filter* perlu dibersihkan. Karena ada kekeruhan yang banyak sehingga terjadi kemacetan pada *biosand filter*. Pembersihan kondisi turbiditas normal hanya dengan cara memecah lapisan biofilm dengan cara mengaduk secara perlahan-lahan air diatas lapisan biofilm. Oleh sebab itu kedalaman air 5 cm cukup penting untuk efisiensi *biosand filter*, alasan utama yaitu untuk mencegah pasir dari kekeringan di lapisan atas. Selain itu juga nantinya air tersebut diambil untuk dibuang sebanyak kurang lebih 2 cm saat pembersihan. (Kusuma, G. 2012)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Variabel Penelitian

3.1.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang dapat dilihat pengaruhnya terhadap variabel lain. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah yaitu waktu interaksi bahan penyerap limbah tahu dan tinggi pasir reaktor *biosand filter* . Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Ketinggian Media Biosand Filter

	Pasir Halus (cm)	Pasir Kasar (cm)	Kerikil (cm)	Total (cm)
Biosand Filter 1	50	5	15	70
Biosand Filter 2	40	15	15	70
Biosand Filter 3	30	25	15	70

3.1.2 Variabel Terikat

Variabel terikat (*Dependent Variable*) adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu kadar logam berat Besi (Fe) dan Seng (Zn) dalam indutri galvanis.

3.1.3 Variabel Terkendali

Variabel terkendali adalah variabel yang tidak mempengaruhi produk reaksi, karena selama proses sampai akhir reaksi berada pada keadaan konstan, sehingga dianggap tidak memberikan hasil yang berbeda

selain dari perlakuan variabel bebas. Variabel terkendali dalam penelitian ini yaitu komposisi massa bahan penyerap, ukuran pasir dan volume limbah industri galvanis.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat:

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu seperangkat alat Biosand filter, Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) *Type Buck Scientific* seri 205, lampu hollow katoda Zn, lampu *hollow* katoda Fe, labu ukur 1000 ml, pipet volume 1 ml; 5 ml; 10 ml; 20ml; 40 ml dan 60 ml, Erlenmeyer 250 ml, corong gelas, kertas saring berpori 0.45 µm (Gelman tipe A/E atau Whatman tipe 034 AH), oven, neraca analitik, labu semprot..

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu limbah padat industri tahu, Air limbah industri galvanis, Asam Nitrat (HNO_3) pekat, Asam Klorida (HCl) pekat, Larutan standar logam besi (Fe), Larutan standar logam seng (Zn)

3.3 Cara Kerja

3.3.1 Persiapan Bahan

1. Pengawetan contoh uji

   Contoh uji tidak dapat segera dianalisa maka contoh uji diawetkan dengan penambahan asam nitrat (HNO_3) pekat sampai pH kurang dari 2 dengan waktu simpan maksimal 6 bulan. (SNI 06 – 6989.7 – 2004)

1.1 Sebanyak 100 ml contoh uji atau sampel yang sudah dikocok sampai homogen lalu dimasukkan dalam Erlenmeyer.

1.2 Kemudian ditambahkan 5 ml HNO_3 pekat.

1.3 Memanaskan sampel di pemanas listrik sampai larutan contoh uji hampir kering.

1.4 Setelah dingin beberapa saat ditambahkan 50 ml aquades kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 100 ml melalui kertas saring dan ditepatkan hingga tepat tanda batas dengan aquades.

2. Bahan penyerap limbah tahu

Sebanyak 1 kg limbah tahu basah dikeringkan dalam ruangan, diperoleh limbah tahu kering ± 250 gram. Kemudian limbah tahu kering dimasukkan dalam oven dipanaskan pada temperatur 60°C selama 14 jam.

3. Pembuatan larutan baku logam besi, Fe 10 mg/l (SNI 06 - 6989.4 - 2004)

Dengan menggunakan pipet 1 ml larutan induk besi, Fe 1000 mg/L ke dalam labu ukur 100 ml, kemudian menambahkan aquades sampai tepat tanda batas.

4. Pembuatan larutan standar logam besi.(Fe) (SNI 06 - 6989.4 - 2004)

Dengan menggunakan pipet diambil 0 ml; 5 ml; 10 ml; 20 ml; 30 ml dan 40 ml larutan baku besi, Fe 10 mg/l ke dalam labu ukur 100 ml kemudian menambahkan aquades sampai tepat tanda batas sehingga diperoleh

konsentrasi logam besi (Fe) 0.0 mg/l; 0,5 mg/l; 1,0 mg/l; 2,0 mg/l; 3,0 mg/l dan 4,0 mg/l.

5. Pembuatan larutan baku logam seng, Zn 10 mg/l (SNI 06 - 6989.7 - 2004)

   Dengan menggunakan pipet 1 ml larutan induk seng, Zn 1000 mg/L ke dalam labu ukur 100 ml, kemudian menambahkan aquades sampai tepat tanda batas.

6. Pembuatan larutan standar logam seng (Zn). (SNI 06 - 6989.7 - 2004)

   Dengan menggunakan pipet diambil 0 ml; 0,5 ml; 1 ml; 2 ml; 5 ml dan 10 ml larutan baku seng, Zn 10 mg/l ke dalam labu ukur 100 ml kemudian menambahkan aquades sampai tepat tanda batas sehingga diperoleh konsentrasi logam besi (Fe) 0.0 mg/l; 0,05 mg/l; 0,1 mg/l; 0,2 mg/l; 0,5 mg/l dan 1,0 mg/l.

3.3.2 Penentuan kondisi optimum penyerap dan biodegradasi *Biosand Filter*.

Sebanyak 1 gram sampel penyerap (limbah tahu) dimasukkan dalam 1 liter air limbah galvanis dalam gelas kimia. Waktu interaksi dimulai dari 0. 30, 60, 90 dan 120 menit. Kemudian disaring dengan kertas saring untuk memisahkan filtrat dari penyerap. Filtrat disisihkan selanjutnya dianalisis kandungan logam besi dan seng dengan menggunakan AAS.

Sampel diuji pada beberapa tahap perlakuan yaitu :

1. Sampel hanya dicampur dengan bahan penyerap limbah tahu.
2. Sampel hanya dilewatkan melalui Reaktor *Biosand Filter*.

3. Sampel di campur dengan penyerap limbah tahu kemudian dilewatkan melalui Reaktor *Biosand Filter*.

3.3.3 Analisis Kadar Besi (Fe) dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

1. Mengoptimalkan alat SSA sesuai petunjuk penggunaan alat.
2. Beberapa parameter pengukur untuk logam besi (Fe) ditetapkan sebagai berikut :

Tabel 3.2. Parameter Pengukuran Untuk Logam Besi (Fe)

No.	Parameter	Spesifikasi
1.	Panjang gelombang	248,30 nm
2.	Tipe nyala	Asetilen atau Udara
3.	Lebar celah	0,2 – 2 nm
4.	Lampu katoda	12 Ma

Sumber : Petunjuk penggunaan alat SSA Type Buck Scientific seri 205

3. Mengukur masing – masing larutan standar (larutan kerja) yang telah dibuat pada panjang gelombang 248,30 nm. Nilai absorbansinya akan terlihat.
4. Membuat kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan garis regresi.
5. Mengukur contoh uji yang sudah dipersiapkan. (SNI 06 – 6989.4 – 2004)

3.3.4 Analisis Kadar Seng (Zn) dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

1. Mengoptimalkan alat SSA sesuai petunjuk penggunaan alat.

2. Beberapa parameter pengukur untuk logam seng (Zn) ditetapkan sebagai berikut :

Tabel 3.3. Parameter Pengukuran Untuk Logam Seng (Zn)

No.	Parameter	Spesifikasi
1.	Panjang gelombang	213,90 nm
2.	Tipe nyala	Asetilen atau Udara
3.	Lebar celah	0,05 nm
4.	Lampu katoda	5 mA

Sumber : Petunjuk penggunaan alat SSA Type Buck Scientific seri 205

3. Mengukur masing – masing larutan standar (larutan kerja) yang telah dibuat pada panjang gelombang 213,90 nm. Nilai absorbansinya akan terlihat.
4. Membuat kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan garis regresi.
5. Mengukur contoh uji yang sudah dipersiapkan. (SNI 06 – 6989.7 – 2004)(Kacaribu, K. 2008)

3.3.5 Analisis Data

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis dengan *Atomic Absorbtion Spectrofotometer (AAS)*. AAS digunakan untuk mengetahui kadar ion Fe^{3+} dan ion Zn^{2+} yang terkandung dalam sampel limbah industri galvanis.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang data-data hasil penelitian yang meliputi penurunan kadar ion Fe^{3+} dan Zn^{2+} dengan memanfaatkan limbah padat industri tahu serta reaktor *Biosand Filter*. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia FMIPA UNNES. Kegiatan penelitian meliputi uji kadar ion Fe^{3+} dan Zn^{2+} mula-mula hingga setelah diinteraksikan dengan limbah padat industri tahu dan reaktor *Biosand Filter* dari limbah industri galvanis.

4.1. Hasil Penelitian

Kemampuan bahan penyerap limbah padat industri tahu dan reaktor *Biosand Filter* menyerap ion logam Fe^{3+} dan Zn^{2+} ditentukan dengan cara membandingkan konsentrasi logam sisa dengan konsentrasi logam mula-mula. Jumlah ion logam Fe^{3+} dan Zn^{2+}. Perhitungan untuk menentukan removal dan efisiensi dapat dilihat pada lampiran 4 dan 5

Tabel 4.1. Data Hasil Pengukuran Awal Air Limbah Galvanis.

Parameter	Hasil Analisa (mg/L)			Efisiensi
	Influent	Effluent	Removal	(%)
Uji Logam Besi (Fe)	1,881	0,905	0,976	51,88
Uji Logam Seng (Zn)	3,065	2,110	0,955	31,16

Tabel 4.2. Data Hasil Pengukuran Kadar Ion Logam Fe^{3+} Pada Air Limbah Industri Galvanis Setelah Diinteraksikan Dengan Bahan Penyerap Limbah Tahu

Waktu Interaksi (menit)	Hasil Analisa (mg/L)	Removal (mg/L)	Efisiensi (%)
0	1,881	0	0
30	0,590	1,291	68,63
60	0,482	1,399	74,38
90	0,410	1,471	78,20
120	0,325	1,556	82,72

Tabel 4.3. Data Hasil Pengukuran Kadar Ion Logam Fe^{2+} Pada Air Limbah Industri Galvanis Setelah Diinteraksikan Dengan Bahan Penyerap Limbah Tahu

Waktu Interaksi (menit)	Hasil Analisa (mg/L)	Removal (mg/L)	Efisiensi (%)
0	3,065	0	0
30	0,611	2,454	80,07
60	0,420	2,645	86,30
90	0,382	2,683	87,54
120	0,320	2,745	89,56

Tabel 4.4.. Hasil Pengujian Sampel Air Limbah Industri Galvanis Sesudah Melalui Reaktor *Biosand Filter*

Perlakuan	Hasil Analisa (mg/L)		Removal (mg/L)		Efisiensi (%)	
	Besi	Seng	Besi	Seng	Besi	Seng
BSF I	1,005	1,430	0,876	1,635	46,57	53,34
BSF II	0,890	1,225	0,991	1,840	52,69	60,03
BSF III	0,825	1,030	1,056	2,035	56,14	66,40

Tabel 4.5. Hasil Pengujian Sampel Air Limbah Industri Galvanis Sesudah Melalui Reaktor Biosand Filter Dan Diinteraksikan Dengan Bahan Penyerap Limbah Tahu

Perlakuan	Hasil Analisa (mg/L)		Removal (mg/L)		Efisiensi (%)	
	Besi	Seng	Besi	Seng	Besi	Seng
BSF I dan Tahu	0,925	1,005	0,956	2,060	50,82	67,21
BSF II dan Tahu	0,870	0,880	1,011	2,185	53,74	71,29
BSF III dan Tahu	0,820	0,830	1,061	2,235	56,41	72,92

4.2. Pembahasan

4.2.1 Pengukuran Kandungan Ion Logam Fe^{3+} Dan Zn^{2+} Pada Air Limbah Industri Galvanis

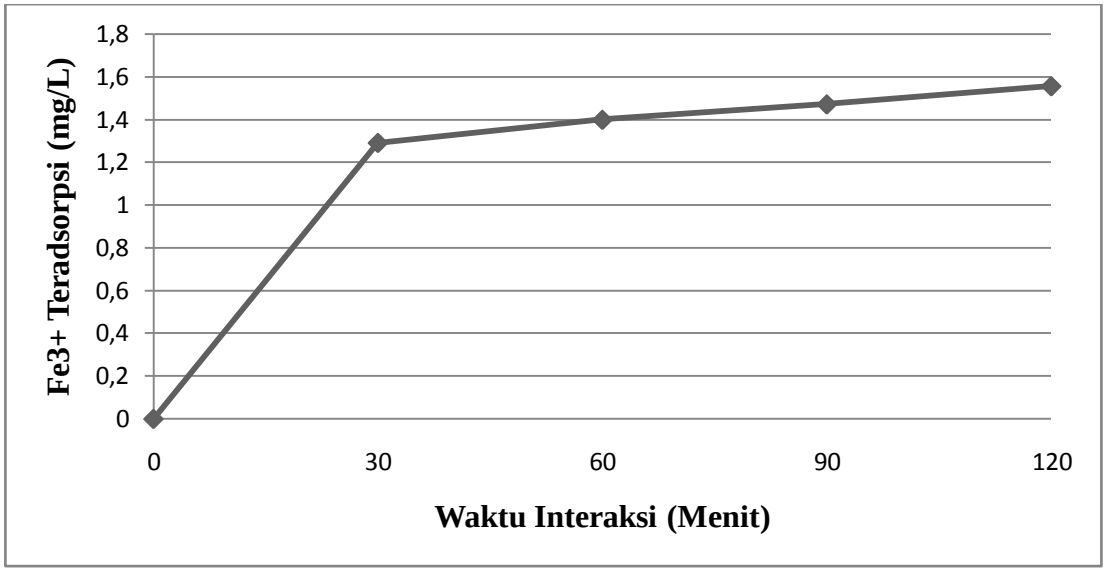
Dari tabel 4.1 menunjukkan bahwa sistem pengolahan air limbah galvanis di salah satu industri pelapisan logam di Kota Semarang memiliki kadar ion Fe^{3+} dan Zn^{2+} yang cukup tinggi. Hal ini dimungkinkan karena arang aktif yang digunakan pada sistem pengolahan limbah industri pelapisan logam tersebut telah jenuh sebab arang aktif seharusnya diaktivasi secara berkala. Kemampuan arang aktif untuk mengadsorpsi berbeda untuk masing- masing senyawa. Adsorpsi akan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari sturktur yang sama, seperti dalam deret homolog. Adsorsi juga dipengaruhi oleh gugus fungsi, posisi gugus fungsi, ikatan rangkap, struktur rantai dari senyawa serapan.

Selain itu arang aktif apabila ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah arang yang digunakan. Pengadukan juga mempengaruni waktu

singgung. Pengadukan dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada partikel arang aktif untukbersinggungan dengan senyawa serapan. Untuk larutan yang mempunyai viskositas tinggi, dibutuhkan waktu singgung yang lebih lama. (Sembiring, Meilita Tryana dan Sinaga, Tuti Sarma. 2003)

4.2.2 Pengaruh Bahan Penyerap Limbah Tahu Untuk Menurunkan Kadar Ion Logam Fe^{3+} dan Zn^{2+} Pada Air Limbah Industri Galvanis

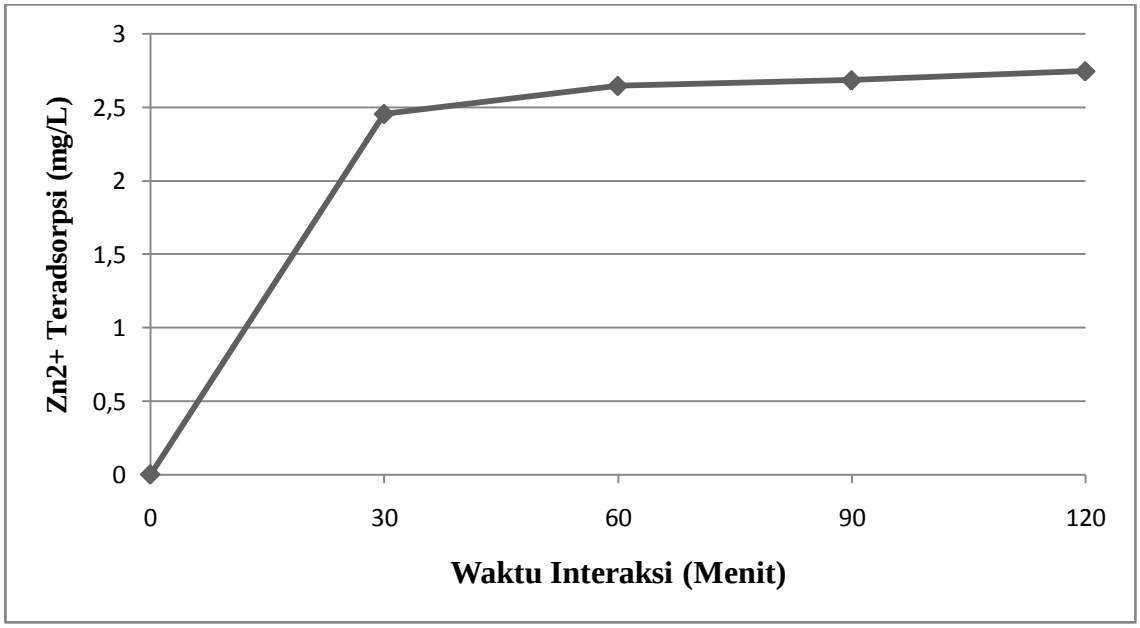
Dari tabel 4.2 menunjukkan bahwa bahan penyerap dari limbah tahu memiliki kemampuan untuk menyerap ion logam Fe^{3+}. Semakin lama bahan penyerap kontak dengan air limbah industri galvanis maka semakin meningkat pula kadar ion Fe^{3+} yang teradsorpsi. Pengaruh perlakuan variasi waktu kontak interaksi bahan penyerap terhadap adsorbsi ion logam Fe^{3+} seperti pada gambar 4.1.



Gambar. 4.1. Grafik hubungan waktu kontak bahan penyerap limbah tahu dengan kadar ion Fe^{3+} teradsorpsi

Dari Gambar 4.1 menunjukkan bahwa adsorpsi ion logam Fe^{3+} pada 30 menit pertama menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan dan terus meningkat sampai dengan 120 menit. Hal ini disebabkan karena efektivitas penyerap masih tinggi dimana kapasitas gugus aktifnya masih banyak, begitu juga kadar ion logam Fe^{3+} dalam larutan masih cukup tinggi.

Dari tabel 4.3 menunjukkan bahwa bahan penyerap dari limbah tahu memiliki kemampuan untuk menyerap ion logam Zn^{2+}. Semakin lama bahan penyerap kontak dengan air limbah industri galvanis maka semakin meningkat pula kadar ion Zn^{2} yang teradsorpsi. Pengaruh perlakuan variasi waktu kontak interaksi bahan penyerap terhadap adsorbsi ion logam Zn^{2+} seperti pada gambar 4.2.



Gambar. 4.2. Grafik hubungan waktu kontak bahan penyerap limbah tahu dengan kadar ion Zn^{2+} teradsorpsi

Dari gambar 4.2 menunjukkan bahwa adsorpsi ion logam Zn^{2+} pada 30 menit pertama menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan dan terus meningkat sampai dengan 120 menit sama halnya dengan adsorpsi ion logam Fe^{3+}. Hal ini dikarenakan efektivitas penyerap masih tinggi dimana kapasitas gugus aktifnya masih banyak, begitu juga kadar ion logam Zn^{2+} dalam larutan masih cukup tinggi.

Penyerap dari limbah tahu memiliki kemampuan mengikat (*chelating*) ion-ion positif karena elektron nitrogen yang ada dalam gugus-gugus amino tersubstitusi memantapkan ikatan dengan ion-ion positif. Muzzarelli (1977) dalam Nohong (2010) memperkirakan bahwa besi bergabung dengan logam-logam melalui pertukaran ion dan pengikatan.

Faktor yang menentukan bahan penyerap dari limbah tahu dalam penyerapan ion logam Fe^{3+} dan Zn^{2+} adalah kemampuan gugus amina untuk bertindak sebagai penukar ion. Dalam air, pengadsorpsi dapat membentuk ikatan-ikatan hidrogen dengan beberapa zat terlarut dan dapat juga berperan serta dalam reaksi pertukaran ion melalui gugus aminanya. Sedangkan gugus hidroksidanya terlindungi oleh air dengan cara yang sama yang dialami oleh sellulosa (Suhardi, 1992 dalam Nohong, 2010).

Menurut Nohong (2010) penyerapan logam melibatkan ikatan ion dan kovalen dengan biopolimer seperti protein sebagai sumber gugus fungsi yang berperan penting dalam mengikat ion logam. Ligan yang tersedia merupakan muatan negatif seperti karboksilat atau gugus amida yang berkoordinasi dengan atom pusat logam melalui pasangan elekron bebas.

Ikatan ionik atau pertukaran ion dihasilkan bila satu atau lebih elektron ditransfer oleh orbital atom satu ke orbital atom lain. Ikatan ion terjadi dari tarikan gaya elektrostatistik antara dua atom yang muatannya berlawanan. Pembentukan ikatan ion terjadi bila kation organik diganti oleh kation anorganik. Sifat kation dari molekul organik bergantung dari pH larutan.

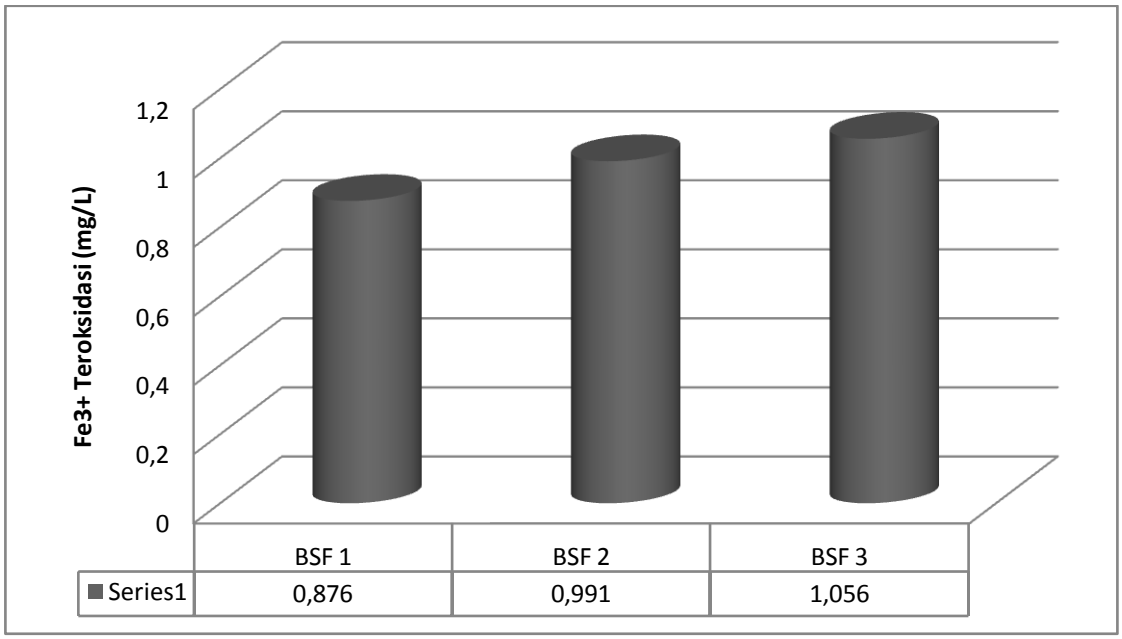
4.2.3 Pengaruh Ketinggian Media Pasir Pada *Biosand Filter* Untuk Menurunkan Kadar Ion Logam Fe^{3+} dan Zn^{2+} Pada Air Limbah Industri Galvanis

Dalam penelitian ini, *biosand filter* yang digunakan memiliki variasi ketinggian media pasir yang berbeda. Media pasir yang digunakan berupa kerikil, pasir kasar dan pasir halus yang berasal dari erupsi Gunung Merapi di Kabupaten Magelang, Jawa Tengah. Variasi ketinggian media pasir dapat dilihat pada tabel 3.1.

Dari tabel 4.4. menunjukkan bahwa efisiensi reaktor *biosand filter* dalam menyerap ion logam Fe^{3+} dan Zn^{2+} belum maksimal. Hal ini dimungkinkan karena proses pembibitan mikroorganisme pada lapisan biofilm yang belum maksimal yang disebabkan biosand filter dalam keadaan kering. Menurut (Maya Sari, Nur. 2010) Proses pengaliran secara *intermitten* namun dilakukan setiap hari untuk mempercepat mikroorganisme tumbuh dengan sendirinya pada lapisan paling atas media pasir. Pada lapisan biofilm inilah akan terjadi proses pengurangan partikel tersuspensi, bahan organik dan bakteri melalui proses oksidasi biologis maupun kimiawi (Marsono, 1997). Prosedur analisis di laboratorium berdasarkan pada metode analisis

pencemar lingkungan. Penentuan waktu *clogging* berdasarkan penurunan kecepatan filtrasi, yaitu pada saat kecepatan filter < 0,67 m/jam (Nakayama *et al*., 2007)

Pengaruh perlakuan variasi ketinggian media pasir reaktor *biosand filter* terhadap adsorbsi ion logam Fe^{3+} seperti pada 4.3.

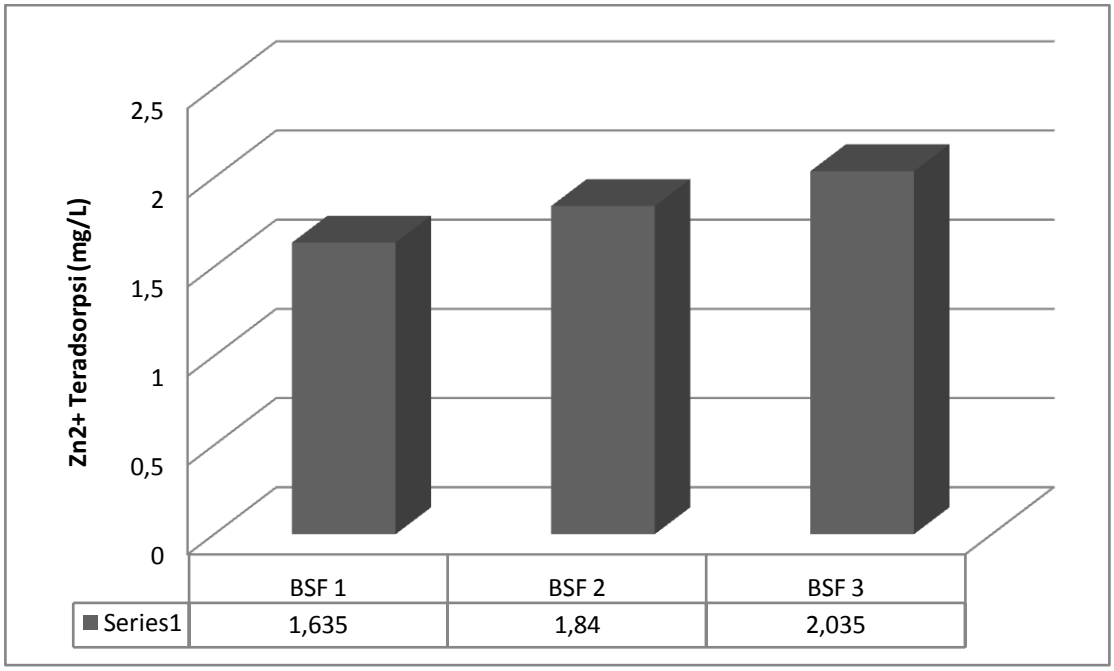


Gambar. 4.3. Grafik hubungan ketinggian media pasir dengan kadar ion Fe^{3+} teradsorpsi

Dari gambar 4.3 menunjukkan adanya pengaruh ketinggian media pasir *biosand filter* terhadap jumlah ion Fe^{3+} yang teradsorpsi. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi media pasir kasar *biosand filter* maka kadar ion Fe^{3+} yang teradsorpsi semakin meningkat. Adsorpsi terbesar terjadi pada *biosand filter* III dengan komposisi ketinggian media pasir yaitu kerikil 15 cm, pasir kasar 25 cm, dan pasir halus 30 cm. Hal ini dimungkinkan terjadi karena pada media pasir kasar masih terkandung banyak mineral penyusun seperti silika (Si), magnetit (Fe_3O_4), ilmenit (I,

$FeTiO_4$) yang mampu mengadsorpsi ion Fe^{3+} (Mariah, Rihan Fasyir. 2012). Selain itu, kemungkinan tinggi media pasir halus mempengaruhi terbentuknya lapisan biofilm. Hal ini dikarenakan pada lapisan biofilm terbentuk bakteri dengan bentuk batang dan berserabut yang merupakan ciri bakteri besi berjenis *Gallionella sp* (bakteri besi). Bakteri jenis *Gallionella* inilah yang juga mampu mengadsorpsi ion Fe^{3+} pada air limbah industri galvanis tersebut. (Maya Sari, Nur. 2010).

Dengan menggunakan perlakuan yang sama seperti penurunan kadar ion Fe^{3+} memberikan pengaruh terhadap adsorpsi ion logam Zn^{2+} seperti pada gambar 4.4.



Gambar. 4.4. Grafik hubungan ketinggian media pasir dengan kadar ion Zn^{2+} teradsorpsi

Dari gambar 4.4 juga menunjukkan adanya pengaruh ketinggian media pasir *biosand filter* terhadap jumlah ion Zn^{2+} yang teradsorpsi. Hal ini juga menunjukkan bahwa semakin tinggi media pasir kasar *biosand filter* maka kadar ion Zn^{2+} yang

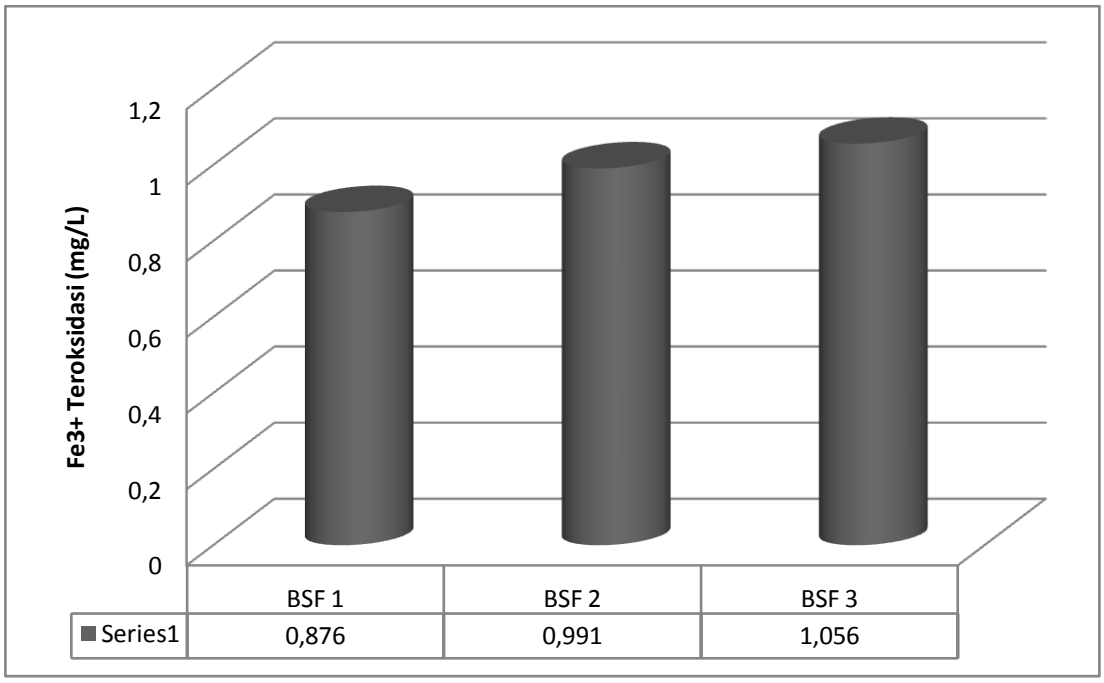
teradsorpsi semakin meningkat. Seperti pada adsorpsi ion Fe^{3+} adsorpsi terbesar terjadi pada *biosand filter* III dengan komposisi ketinggian media pasir yaitu kerikil 15 cm, pasir kasar 25 cm, dan pasir halus 30 cm. Hal ini dimungkinkan terjadi karena pada media pasir kasar masih terkandung banyak mineral penyusun seperti silika (Si), magnetit (Fe_3O_4), ilmenit (I, $FeTiO_4$) yang mampu menyerap ion Zn^{2+}(Mariah, Rihan Fasyir. 2012). Selain itu, kemungkinan tinggi media pasir halus mempengaruhi terbentuknya lapisan biofilm walaupun reaktor *biosand filter* yang digunakan belum bekerja secara maksimal.

4.2.4. Pengaruh Perbedaan Ketinggian Media Pasir Pada *Biosand Filter* Dan Adsorpsi Bahan Penyerap Limbah Tahu Untuk Menurunkan Kadar Ion Fe^{3+} Dan Zn^{2+}

Dalam penelitian ini, *biosand filter* yang digunakan memiliki variasi ketinggian media pasir yang berbeda. Media pasir yang digunakan berupa kerikil, pasir kasar dan pasir halus yang berasal dari erupsi Gunung Merapi di Kabupaten Magelang, Jawa Tengah. Variasi ketinggian media pasir dapat dilihat pada tabel 3.1.

Dari tabel 4.5 juga menunjukkan bahwa reaktor *biosand filter* yang digunakan belum bekerja secara maksimal. Hal ini dimungkinkan karena terjadi kekeruhan pada *biosand filter* sehingga tingkat kecepatan filtrasi menurun drastis. Menurut Maya Sari (2010) *biosand filter* perlu dibersihkan karena jika ada kekeruhan yang tinggi dapat terjadi kemacetan pada proses penyerapan media pasir dan lapisan biofilm reaktor *biosand filter*.

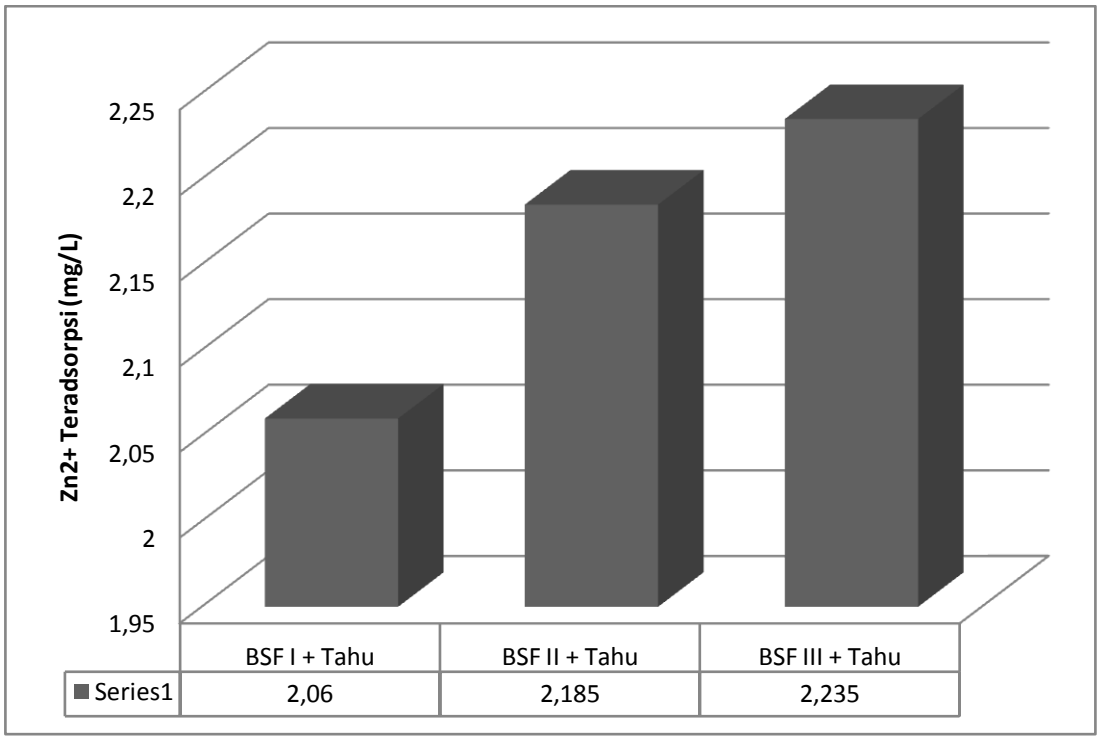
Pengaruh perlakuan variasi ketinggian media pasir reaktor *biosand filter* dan diikuti interaksi dengan preparasi bahan penyerap limbah tahu terhadap adsorpsi ion logam Fe^{3+} dalam air limbah industri galvanis seperti pada 4.5.



Gambar. 4.5. Grafik hubungan ketinggian media pasir *biosand filter* diikuti interaksi dengan bahan penyerap dengan kadar ion Fe^{3+} teradsorpsi

Dari gambar. 4.5 menunjukkan bahwa ketinggian media pasir *biosand filter* dan kontak interaksi dengan bahan penyerap limbah tahu mempengaruhi jumlah ion Fe^{3+} yang teradsorpsi. Semakin tinggi pasir kasar *biosand filter* maka kadar ion Fe^{3+} ysng teradsorpsi semakin meningkat. Hal ini dimungkinkan terjadi karena pada media pasir kasar masih terkandung banyak mineral

Pengaruh perlakuan variasi ketinggian media pasir reaktor *biosand filter* dan diikuti interaksi dengan preparasi bahan penyerap limbah tahu terhadap adsorpsi ion logam Zn^{2+} dalam air limbah industri galvanis seperti pada gambar 4.6.



Gambar. 4.6. Grafik hubungan ketinggian media pasir diikuti bahan penyerap dengan kadar ion Zn^{2+} teradsorpsi

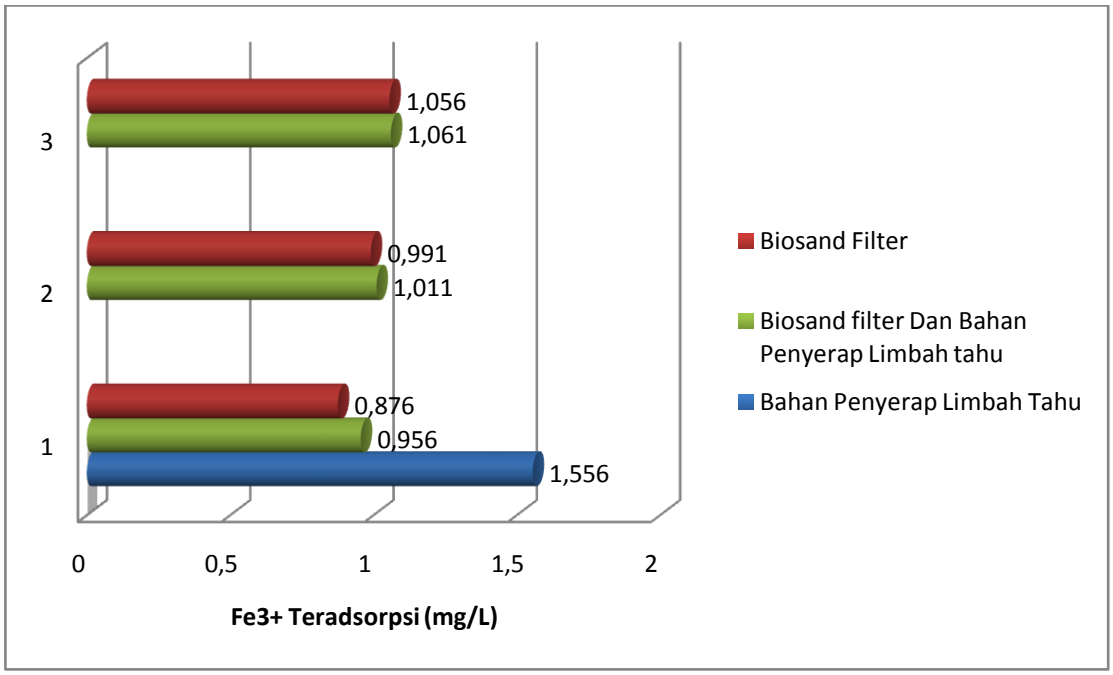
Dari gambar. 4.6 menunjukkan bahwa ketinggian media pasir *biosand filter* dan kontak interaksi dengan bahan penyerap limbah tahu mempengaruhi jumlah ion Zn^{2+} yang teradsorpsi. Semakin tinggi pasir kasar *biosand filter* maka kadar ion Zn^{2+} ysng teradsorpsi semakin meningkat. Hal ini dimungkinkan terjadi karena pada media pasir kasar masih terkandung banyak mineral

Penambahan bahan penyerap limbah tahu memberikan efek penurunan kadar yang cukup signifikan. Hal ini terlihat ketika hanya menggunakan BSF I efisiensi

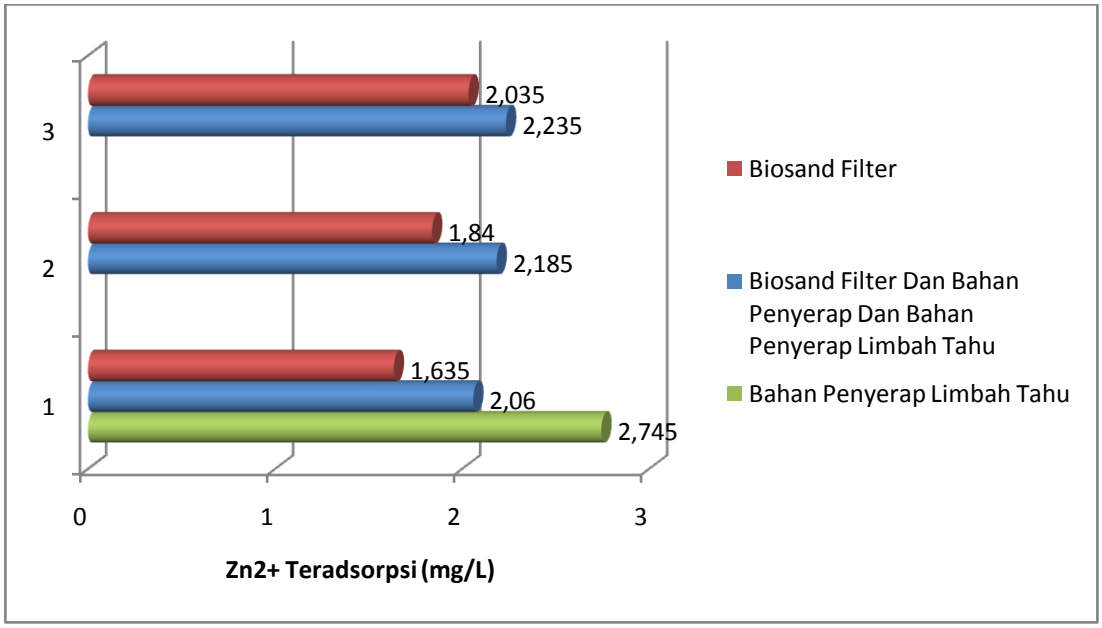
adsorpsi sebesar 46,57% dan bertambah efisiensinya menjadi 50,82% pada penambahan preparasi bahan penyerap limbah tahu. Begitu pula terjadi pada penggunaan BSF II dan BSF III. Hal ini dimungkinkan karena reaktor *biosand filter* bekerja kurang maksimal yang disebabkan waktu interaksi *biosand filter* dengan air limbah industri galvanis yang singkat, hanya 120 menit. Selain itu kurang maksimalnya pembentukkan lapisan biofilm dapat menjadi faktor lain.

4.2.5 Perbandingan Kadar Ion Fe^{3+} dan Zn^{2+} Teradsorpsi

Air limbah galvanis yang diuji pada beberapa tahap perlakuan yaitu sampel hanya dicampur dengan bahan penyerap limbah tahu, sampel hanya dilewatkan melalui reaktor *Biosand Filter*, dan sampel dilewatkan melalui reaktor *Biosand Filter* kemudian di campur dengan bahan penyerap limbah tahu menghasilkan kadar ion Fe^{3+} dan Zn^{2+} seperti pada gambar 4.7 dan gambar 4.8.



Gambar. 4.7. Grafik Perbandingan Kadar Ion Logam Fe^{3+} Teradsorpsi Dengan Berbagai Macam Perlakuan



Gambar. 4.8. Grafik Perbandingan Kadar Ion Logam Zn^{2+} Teradsorpsi Dengan Berbagai Macam Perlakuan

Dari gambar 4.7 dan gambar 4.8 menunjukkan bahwa bahan penyerap limbah tahu memiliki persentase tertinggi dalam menyerap ion logam Fe^{3+} dan Zn^{2+}. Hal ini dikarenakan efektivitas penyerap masih tinggi dimana kapasitas gugus aktifnya masih banyak, begitu juga kadar ion logam Fe^{3+} dan Zn^{2+} dalam larutan masih cukup tinggi. Selain itu, penyerap dari limbah tahu memiliki kemampuan mengikat (*chelating*) ion-ion positif dan elektron nitrogen yang ada dalam gugus-gugus amino tersubstitusi dapat memantapkan ikatan dengan ion-ion positif. Muzzarelli (1977) memperkirakan bahwa besi bergabung dengan logam-logam melalui pertukaran ion dan pengikatan.

Faktor lain yang menyebabkan bahan penyerap limbah tahu memiliki persentase penyerapan tertinggi yaitu efisiensi reaktor *biosand filter* dalam menyerap ion logam Fe^{3+} dan Zn^{2+} belum maksimal. Hal ini dimungkinkan karena proses pembibitan mikroorganisme pada lapisan biofilm yang belum maksimal yang disebabkan biosand filter dalam keadaan kering. Menurut (Maya Sari, Nur. 2010) Proses pengaliran secara *intermitten* namun dilakukan setiap hari untuk mempercepat mikroorganisme tumbuh dengan sendirinya pada lapisan paling atas media pasir. Pada lapisan biofilm inilah akan terjadi proses pengurangan partikel tersuspensi, bahan organik dan bakteri melalui proses oksidasi biologis maupun kimiawi (Marsono, 1997). Prosedur analisis di laboratorium berdasarkan pada metode analisis pencemar lingkungan. Penentuan waktu *clogging* berdasarkan penurunan kecepatan filtrasi, yaitu pada saat kecepatan filter < 0,67 m/jam (Nakayama *et al*., 2007). Selain itu kurang maksimalnya pembentukkan lapisan biofilm dapat menjadi faktor lainnya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diketahui.

1. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan persentase ion logam Fe^{2+} dan Zn^{2+} yang terserap oleh bahan penyerap limbah tahu sebesar 82,72% dan 89,56%.
2. Penggunaan reaktor *biosand filter* dapat menurunkan kadar ion logam Fe^{3+} dan Zn^{2+} pada limbah industri galvanis. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan persentase ion logam Fe^{3+} dan Zn^{2+} teradsorpsi yaitu

   1.1 Biosand filter I yang memiliki komposisi kerikil : pasir kasar : pasir halus = 15 : 5 : 50 menyerap kadar ion Fe^{3+} dan Zn^{2+} sebesar 46,57% dan 53,34%

   1.2 B iosand filter II yang memiliki komposisi kerikil : pasir kasar : pasir halus = 15 : 15 : 40 menyerap kadar ion Fe^{3+} dan Zn^{2+} sebesar 52,69% dan 60,03%.

   1.3 Biosand filter III yang memiliki komposisi kerikil : pasir kasar : pasir halus = 15 : 25 : 30 menyerap kadar ion Fe^{3+} dan Zn^{2+} sebesar 56,14% dan 66,40%.
3. Dengan menggunakan reaktor *biosand filter* dan diimteraksikan dengan preparasi bahan penyerap limbah tahu dapat menurunkan kadar ion logam

Fe^{3+} dan Zn^{2+}.

3.1 *Biosand filter* I menyerap kadar ion logam Fe^{3+} dan Zn^{2+} berturut-turut sebesar 50,82% dan 67,21%.

3.2 *Biosand filter* II menyerap kadar ion logam Fe^{3+} dan Zn^{2+} berturut-turut sebesar 53,74% dan 71,29%.

3.3 B*iosand filter* III menyerap kadar ion logam Fe^{3+} dan Zn^{2+} berturut-turut sebesar 56,41% dan 72,92%

5.2 Saran

1. Pada saat *seeding* (penumbuhan bakteri) sebaiknya dilakukan secara optimal (± 10-20 hari) Sebelum operasi filter dijalankan sehingga *effluent* yang dihasilkan dapat lebih maksimal.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai efisiensi *removal* untuk parameter uji lainnya dan pengoperasian kembali filter setelah dilakukan pembersihan.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2008. Tim Teknis Pembangunan Sanitasi: BAPPENAS, Departemen Pekerjaan Umum, Departemen Dalam Negeri, Departemen Kesehatan, Departemen Perindustrian, Departemen Keuangan, dan Kementrian Negara Lingkungan Hidup.

Darmawati, Yeni. 2009. *Eksplorasi Kandungan Unsur Pada Limbah Cair Pabrik Galvanis Dengan Metode Analisis Aktivasi Neutron Thermal Reaktor Kartini*. Tugas Akhir, Program Sarjana UNNES, Semarang.

Darmono. 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: UI Press.

Darmono. 2001. *Lingkungan hidup dan Pencemaran Hubungannya dengan Toksilogi Senyawa Logam*. Jakarta: UI Press.

Fair, G.M. 1971. Elements of Water Supply and Wastewater Disposal. New York and London : John Wiley & Sons Inc.

Fessenden, Ralp, J & Fessenden, Joan, S.,1982, *Kimia Organik*, Erlangga, Jakarta.

Holleman, Arnold F. (1985). "Zink" (dalam bahasa German). Lehrbuch der Anorganischen Chemie (edisi ke-91–100). Walter de Gruyter.

Kacaribu, K., 2008, *Kandungan Kadar Seng (Zn) Dan Besi (Fe) Dalam Air Minum Dari Depot Air Minum Isi Ulang Air Pegunungan Sibolangit Di Kota Medan*, *Thesis Master*, Program Pasca Sarjana USU, Medan.

Kusuma. G, 2012, *Efektivitas Pemakaian Lumpur Aktif-Reaktor Biosand Filter Untuk Menurunkan Kadar BOD, TDS, TSS Dan Kekeruhan Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Tahu*, Tugas Akhir, Program Sarjana UNNES, Semarang.

Mangunwidjaja, D. dan Suryani, A., 1994, *Teknologi Bioproses*, Jakarta: Swadaya

Mariah, Rihan Fasyir. 2012. *Adsorpsi Pewarna Methylene Blue Menggunakan Pasir Vulkanik Gunung Merapi*. S1 Skripsi. UNY. Yogyakarta

Marsono, B.D. 1997. *Unit Operasi*. Surabaya : Media Informasi Alumni ITS.

Maya Sari, Nur. 2010. *Studi Kinerja Biosand Filter Untuk Pengolahan Air Minum Ditinjau Terhadap Parameter Kekeruhan dan Besi*. Skripsi. Jurusan Teknik Lingkungan-FTSP-ITS, Surabaya

Nakayama, F.S., Boman, B.J., Pitts, D.J., 2007. *Maintenance. In: Lamm, F.R., Ayars, J.E., Nakayama, F.S. (Eds.), Microirrigation for Crop Production. Design, Operation, and Management. Elsevier*, Amsterdam, pp. 389–430.

Ngai, T. and Sophie, 2003, *The Arsenic Biosand Filter (ABF) Design of An Approriate Household Drinking Water Filter for Rural Nepal*, Nepal.

Nohong. 2010. *Pemanfaatan Limbah Tahu Sebagai Bahan Penyerap Logam Krom, Kadmiun dan Besi Dalam Air Lindi TP*. Jurnal Pembelajaran Sains Vol. 6 No.2, Februari 2010, 257-269.

Notohadiprawiro, T. 1993. *Logam Berat dalam Pertanian*. (http://www.chem-is-try.org). Diakses tanggal 6 Januari 2012.

Sembiring, Meilita Tryana dan Sinaga, Tuti Sarma. 2003. *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)*. (http://library.usu.ac.id/download/ft/industrimeilita.pdf. Diakses 9 September 2013).

Sukawati. T. A, 2008, Penurunan Konsentrasi Chemical Oxygen Demand (COD) Pada Air Limbah Loundry Dengan Menggunakan Reaktor Biosand Filter Diikuti Reaktor Activated Carbon, *Skripsi*, Program Sarjana UII, Yogyakarta.

Tjokrokusumo, 1998, *Pengantar Teknik Lingkungan*, STTL, Yogyakarta.

Vogel, A.I. 1990. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro. Terjemahan* : Pudjaatmaka Setiono. Edisi Kelima. Jakarta:PT.Kalman Media Pusaka.

Widowati, W., Sationo, A., Jusuf, R. 2008. *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

LAMPIRAN

Lampiran 1

Pembuatan Reaktor Biosand Filter

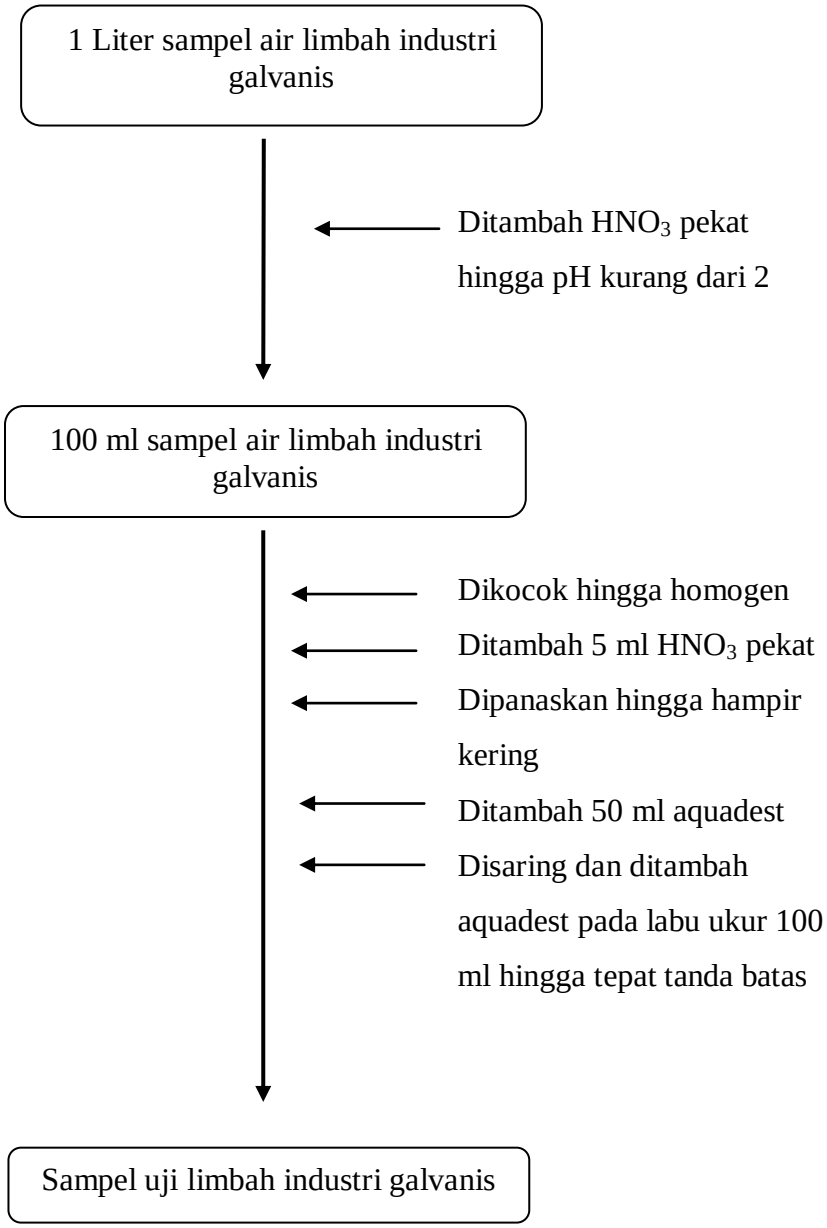
Dimensi unit BSF yang direncanakan adalah :

Panjang	: 6 cm
Lebar unit	: 6 cm
Tinggi unit	: 20 cm
Tinggi total media	: 14 cm
Tinggi air diatas media pasir halus	: 1 cm
Tinggi dari muka air ke *perforated baffle*	: 1 cm
Lebar *performated baffle*	: 6 cm
Panjang performated baffle	: 6 cm

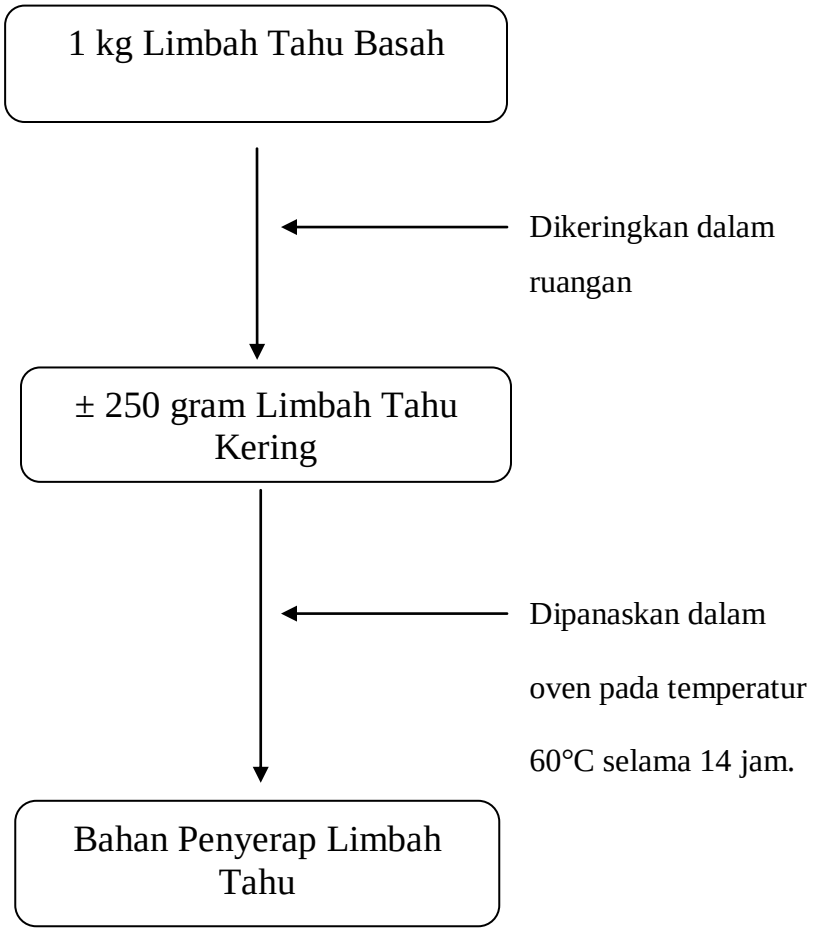
Lampiran 2

Skema kerja

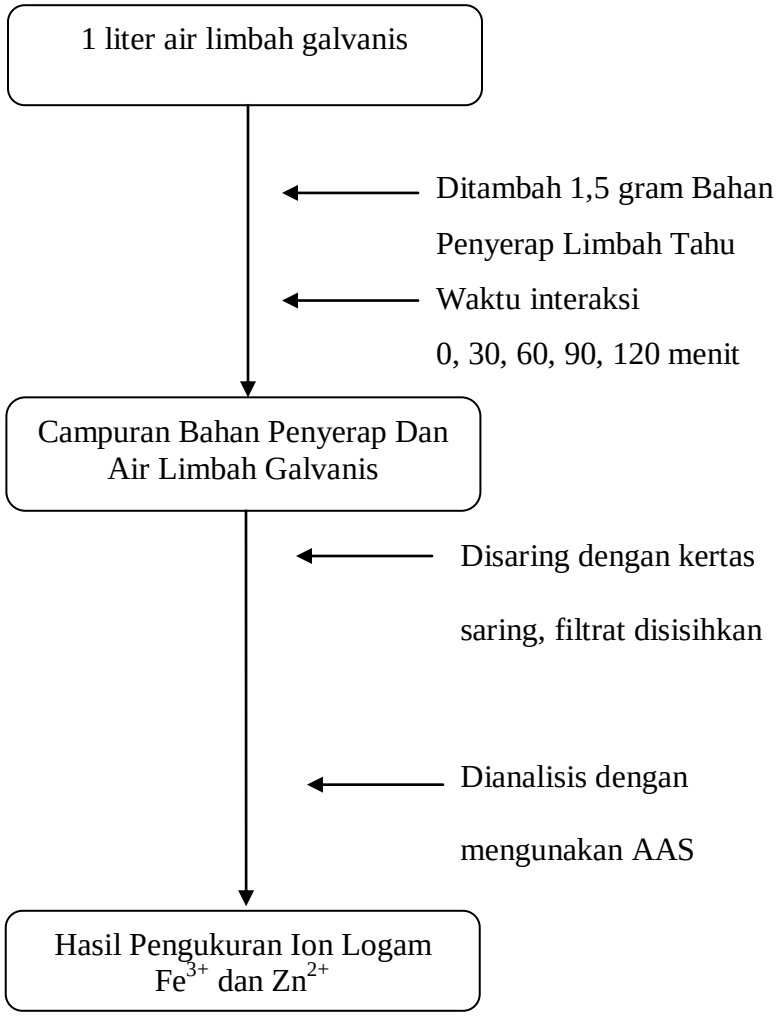
1. **Pengawetan Sampel**



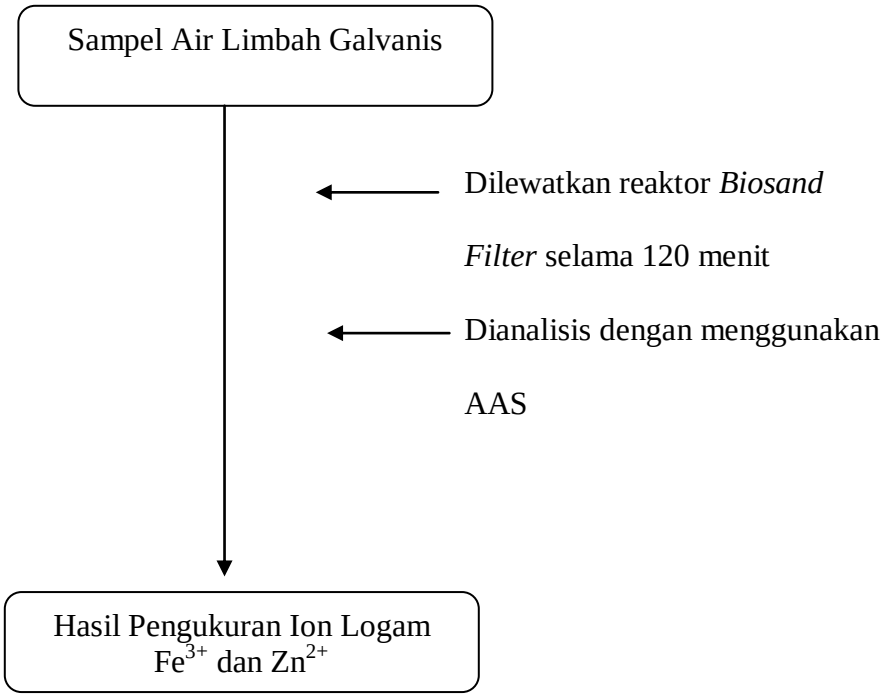
2. Pembuatan Bahan Penyerap Limbah Tahu



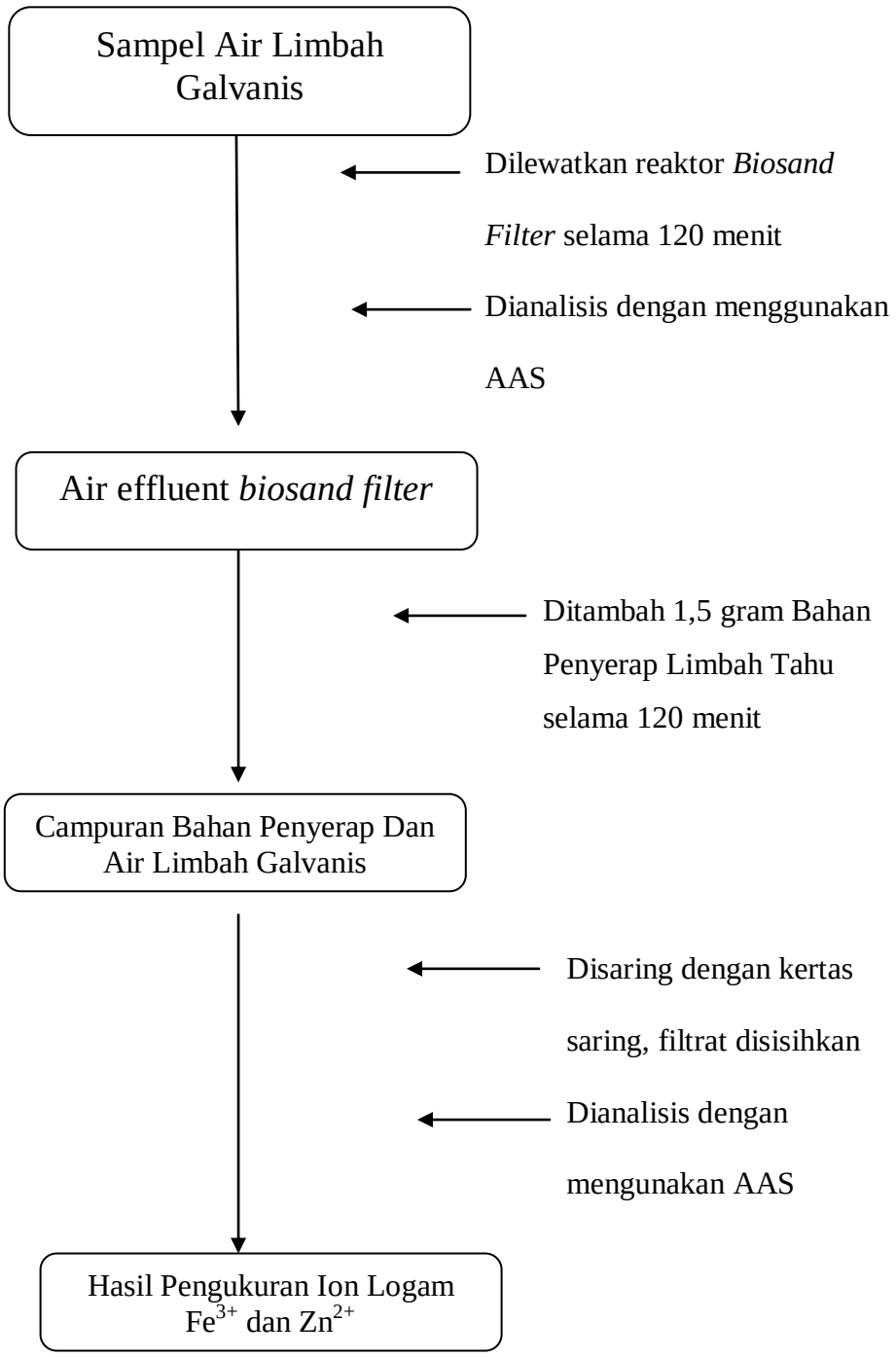
3. Interaksi Bahan Penyerap Limbah Tahu Dengan Air Limbah Galvanis



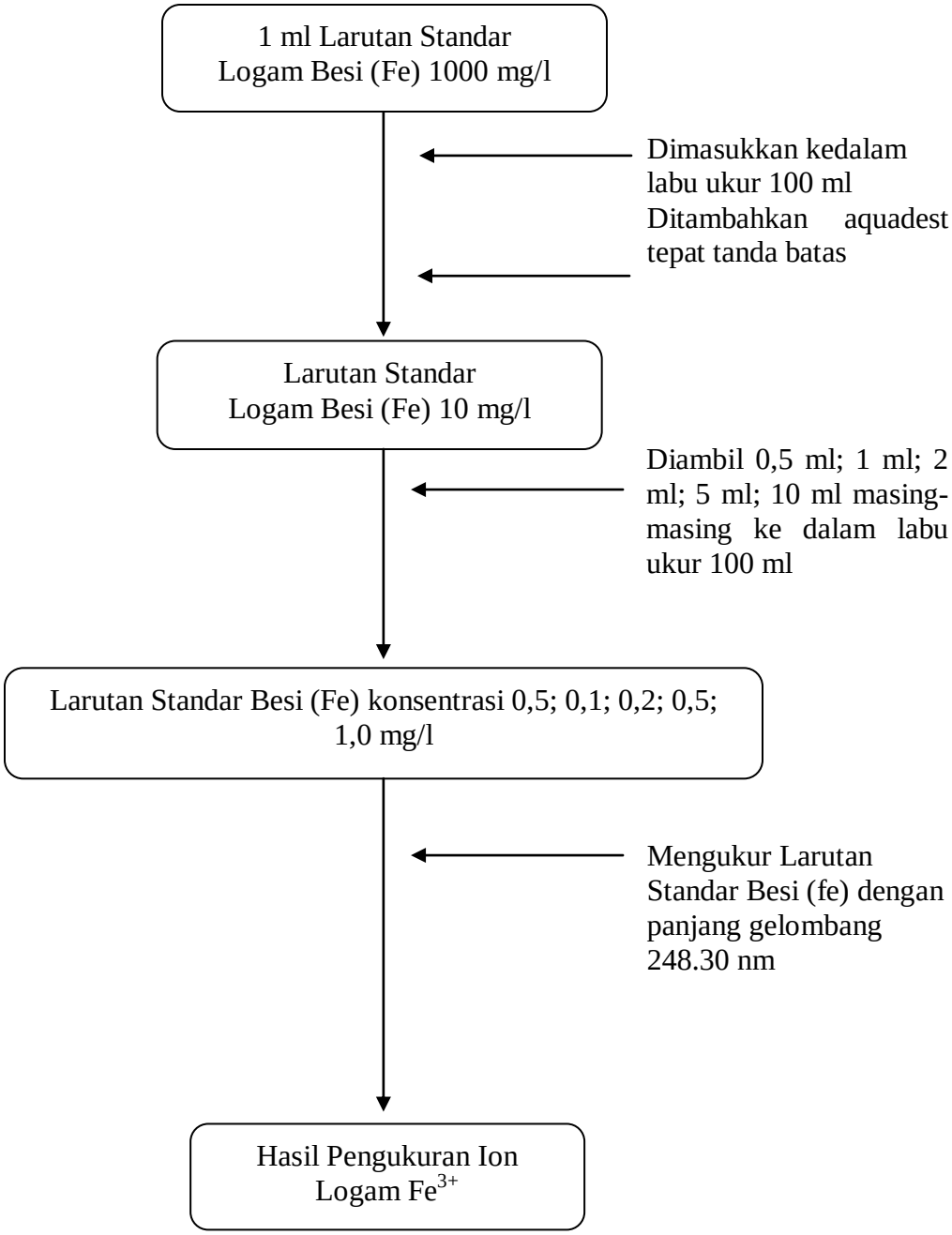
4. Proses Biodegradasi Biosand Filter



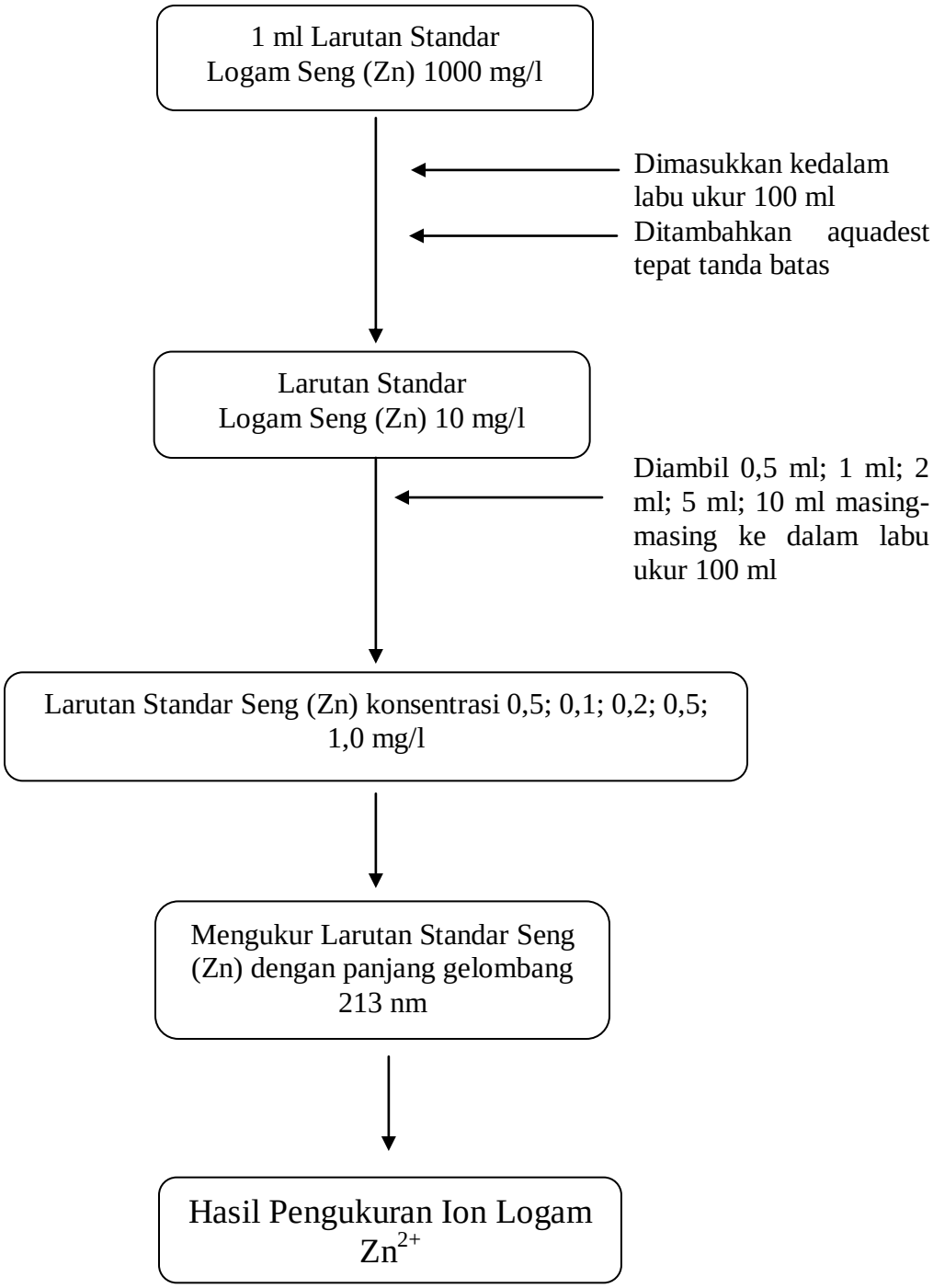
5. Proses Biodegradasi Biosand Filter Dan Diikuti Interaksi Dengan Bahan Penyerap Limbah Tahu



6. Pengukuran Kadar Besi (Fe) Pada Sampel (SNI 06 – 6989.4 – 2004)



6. Pengukuran Kadar Seng (Zn) Pada Sampel (SNI 06 – 6989.7 – 2004)



Lampiran 3

Dokumentasi penelitian

Foto 1. Reaktor *Biosand Filter*

Foto 2. Preparasi Penyerap Limbah Tahu

Foto 3. Pengambilan Sampel dari BSF

Foto 5. Penyaringan Sampel

Foto 4. Sampel ditambah limbah tahu

Foto 6. Sampel limbah setelah melewati reaktor *biosand fiter*

Foto 7. Sampel limbah hasil analisis

Lampiran 4

Perhitungan Persentase Penurunan Kadar Ion Logam Fe^{3+}

Rumus :

Removal = $(Kadar\ Fe^{3+}awal - Kadar\ Fe^{3+}akhir)$

$$\% = \frac{(Kadar\ \ Fe^{3+}awal - Kadar\ \ Fe^{3+}akhir)}{Kadar\ \ Fe^{3+}awal}$$

1. Pengukuran Kandungan Ion Logam Fe^{3+} Dan Zn^{2+} Pada Air Limbah Industri Galvanis

$$\% = \frac{(1{,}881 - 0{,}905)}{1{,}881}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{0{,}976}{1{,}881}\ x\ 100\%$$

= 51,88%

2. Preparasi Bahan Penyerap Limbah Tahu

2.1 Pada 0 menit

$$\% = \frac{(1{,}881 - 0{,}625)}{1{,}881}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{1{,}256}{1{,}881}\ x\ 100\%$$

= 66,77%

2.2 Pada 30 menit

$$\% = \frac{(1{,}881 - 0{,}590)}{1{,}881}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{1{,}291}{1{,}881}\ x\ 100\%$$

= 68,63%

2.3 Pada 60 menit

$$\% = \frac{(1{,}881 - 0{,}482)}{1{,}881}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{1{,}399}{1{,}881}\ x\ 100\%$$

= 74,38%

2.4 Pada 90 menit

$$\% = \frac{(1{,}881 - 0.410)}{1{,}881}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{1{,}471}{1{,}881}\ x\ 100\%$$

= 78,20%

2.5 Pada 120 menit

$$\% = \frac{(1{,}881 - 0{,}325)}{1{,}881}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{1{,}556}{1{,}881}\ x\ 100\%$$

= 82,72%

3. Bioadsorpsi Reaktor *Biosand filter*

3.1 BSF I

$$\% = \frac{(1{,}881 - 1{,}005)}{1{,}881}\ x\ 100\%$$

= 46,57%

3.2 BSF I

$$\% = \frac{(1{,}881 - 0{,}890)}{1{,}881}\ x\ 100\%$$

= 52,69%

3.3 BSF III

$$\% = \frac{(1{,}881 - 0{,}825)}{1{,}881}\ x\ 100\%$$

= 56,14%

4. Sampel Setelah Diinteraksikan Dengan Preparasi Penyerap Dari Limbah Tahu Dan Sesudah Melalui Reaktor Biosand Filter

4.1 BSF I

$$\% = \frac{(1{,}881 - 0{,}925)}{1{,}881}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{0{,}956}{1{,}881}\ x\ 100\%$$

= 50,82%

4.2 BSF II

$$\% = \frac{(1{,}881 - 0{,}870)}{1{,}881}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{1{,}011}{1{,}881}\ x\ 100\%$$

= 53,74%

4.3 BSF III

$$\% = \frac{(1{,}881 - 0{,}820)}{1{,}881}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{1{,}061}{1{,}881}\ x\ 100\%$$

= 56,40%

Lampiran 5

Perhitungan Persentase Penurunan Kadar Ion Logam Zn^{2+}

Rumus :

Removal = $(Kadar\ Zn^{2+} awal - Kadar\ Zn^{2+} akhir)$

$$\% = \frac{(Kadar\ \ Zn2{+}awal - Kdar\ \ Zn2{+}akhir)}{Kadar\ \ Zn2{+}\ awal}$$

1. Pengukuran Kandungan Ion Logam Zn^{2+} Pada Air Limbah Industri Galvanis

$$\% = \frac{(3{,}065 - 2{,}110)}{3{,}065}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{0{,}955}{3{,}065}\ x\ 100\%$$

= 31,16%

2. Preparasi Bahan Penyerap Limbah Tahu

2.1 Pada 0 menit

$$\% = \frac{(3{,}065 - 0{,}725)}{3{,}065}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{2{,}340}{3{,}065}\ x100\%$$

= 76,35%

2.2 Pada 30 menit

$$\% = \frac{(3{,}065 - 0{,}611)}{3{,}065}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{2{,}454}{3{,}065}\ x\ 100\%$$

= 80,07%

2.3 Pada 60 menit

$$\% = \frac{(3{,}065 - 0{,}420)}{3{,}065}\ x100\%$$

$$= \frac{2{,}645}{3{,}065}\ x\ 100\%$$

= 86,30%

2.4 Pada 90 menit

$$\% = \frac{(3{,}065 - 0.382)}{3{,}065}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{2{,}683}{1{,}881}\ x\ 100\%$$

= 87,54%

2.5 Pada 90 menit

$$\% = \frac{(3{,}065 - 0{,}320)}{3{,}065}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{2{,}745}{3{,}065}\ x100\%$$

= 89,56%

3. Bioadsorpsi Reaktor *Biosand filter*

3.1 BSF I

$$\% = \frac{(3{,}065 - 1.430)}{3{,}065}\ x\ 100\%$$

= 53,34%

3.2 BSF II

$$\% = \frac{(3{,}065 - 1.225)}{3{,}065}\ x\ 100\%$$

= 60,03%

3.3 BSF III

$$\% = \frac{(3{,}065 - 1.030)}{3{,}065}\ x100\%$$

= 66,40%

4. Sampel Setelah Diinteraksikan Dengan Preparasi Penyerap Dari Limbah Tahu Dan Sesudah Melalui Reaktor Biosand Filter

4.1 BSF I

$$\% = \frac{(3{,}065 - 1.005)}{3{,}065}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{2{,}060}{3{,}065}\ x\ 100\%$$

$$= 67{,}21\%$$

4.2 BSF II

$$\% = \frac{(3{,}065 - 0.880)}{3{,}065}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{2{,}185}{3{,}065}\ x\ 100\%$$

$$= 71{,}89\%$$

4.3 BSF III

$$\% = \frac{(3{,}065 - 0{,}830)}{3{,}065}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{2{,}830}{3{,}065}\ x\ 100\%$$

$$= 72{,}9\%$$